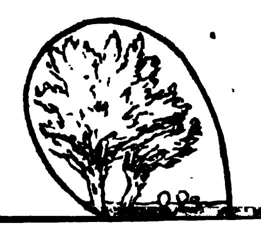
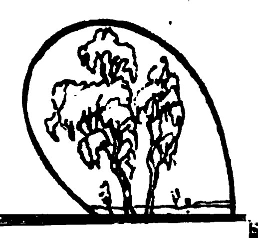
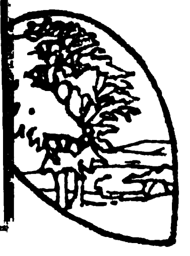


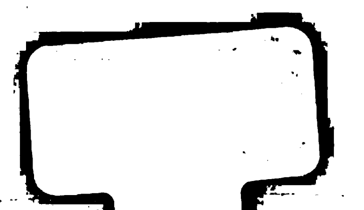


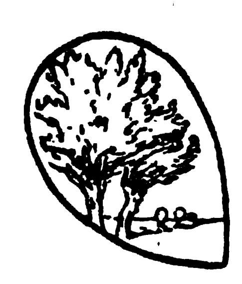
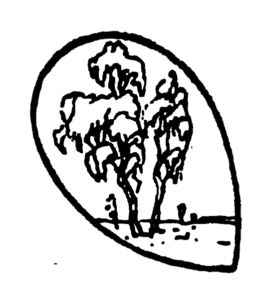






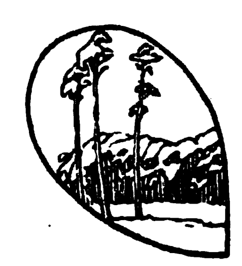
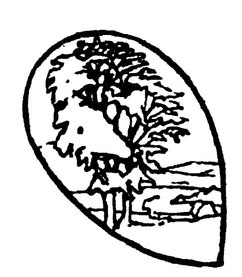




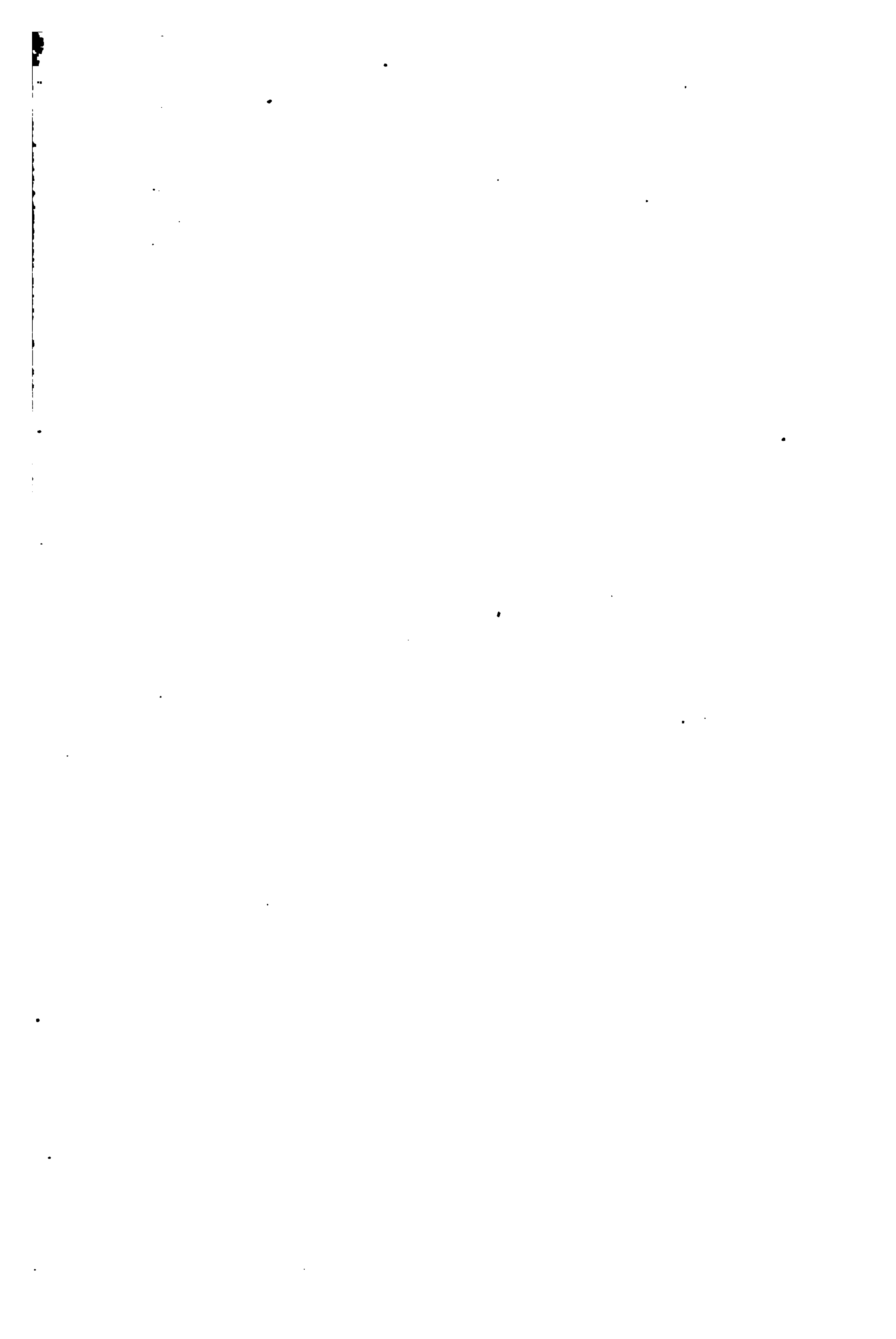






Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung
in Tübingen





#

Lorey's

Handbuch der Forstwissenschaft

Zweite verbesserte und vermehrte Auflage

in Verbindung mit

Professor Dr. A. Bühler in Tübingen — Gerichtsrat Professor Dr. K. Dickel in Charlottenburg-Berlin — E. Ritter von Dombrowski in Wien — Professor Dr. M. Endres in München — Professor Dr. C. Fromme in Gießen — Oberforstrat Dr. H. von Fürst, Direktor der forstlichen Hochschule in Aschaffenburg — Hofrat Professor A. Ritter von Guttenberg in Wien — Professor Dr. H. Hausrath in Karlsruhe — Professor Dr. L. Klein daselbst — Regierungsrat Professor G. Lauböck in Wien — † Professor Dr. T. von Lorey in Tübingen — Geh. Regierungsrat Professor Dr. A. Metzger in Münden — Geh. Oberforstrat Dr. M. Neumeister, Direktor der Forstakademie in Tharandt — Professor Dr. E. Ramann in München — Hofrat Professor Dr. Fr. Schwackhöfer in Wien — Forstmeister Professor Dr. A. Schwappach in Eberswalde — Forstrat Professor F. Wang in Wien — Professor Dr. R. Weber in München

herausgegeben von

Professor Dr. **Hermann Stoetzer,**

Geh. Oberforstrat und Direktor der Grossh. sächsischen Forstlehranstalt Eisenach.

In vier Bänden.

Erster Band.

Die Aufgaben der Forstwirtschaft und Forstliche Produktionslehre I. Teil.

Tübingen 1903.
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.

an. l.

Die

Aufgaben der Forstwirtschaft

und

Forstliche Produktionslehre I.

In Verbindung mit

L. Klein, † T. von Lorey, E. Ramann, R. Weber

herausgegeben

von

Hermann Stoetzer.

Tübingen 1903.
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.

Druck von H. Laupp jr in Tübingen.

Vorwort zur ersten Auflage (1888).

Indem man sich zur Herausgabe unseres Handbuchs entschlossen hat, wollte man — inmitten der überaus reichen Spezialliteratur, welche auf den Gebieten fast aller forstlichen Disziplinen erstanden ist — in systematischer Anordnung eine kurze, gedrängte, den heutigen Stand unseres Wissens knapp zusammenfassende Darstellung der ganzen Forstwissenschaft geben, um damit gewissermassen einen Ruhepunkt zu schaffen, an dem man sich sammeln und von dem aus man eine orientierende Umschau halten könnte, bevor man zu fernerer Arbeit weiterschreitet. Viele Stimmen haben inzwischen die Berechtigung eines solchen Unternehmens anerkannt; denn sehr Viele schon und insbesondere viele Männer der forstlichen Praxis haben es schmerzlich empfunden, dass infolge der regen Tätigkeit, die überall in der forstlichen Wirtschaft und Wissenschaft mit teilweise fieberhafter Hast entfaltet wird, dem einzelnen, der sich mitten in dieses Treiben hineingestellt sieht, aller Ueberblick verloren zu gehen droht. Diesem Missstande vor allem möchte das Handbuch zu seinem Teil abhelfen, indem es in kritischer Sichtung das Wesentliche dessen bietet, was bisher geleistet worden ist. Ausführliche Literaturangaben wollen überall die Möglichkeit eingehenderer Studien vermitteln.

Zugleich soll, so hofft man, das Buch auch der studierenden Jugend willkommen sein. Ohne alle Spezialwerke entbehrlich zu machen, dürfte es doch gerade wegen seines verhältnismässig geringen Umfanges ein brauchbarer Leitfaden beim Studium sein; manche der darin behandelten Gegenstände sind überdies in neuerer Zeit nicht in besonderer Bearbeitung durchgebildet worden.

Endlich dürften auch Landwirte, vorab Grossgrundbesitzer, welche eigene Waldungen bewirtschaften, sowie Verwaltungsbeamte, welche am Gedeihen des Waldes Interesse nehmen, in dem Handbuch eine willkommene Gabe erblicken, zumal dasselbe neben dem fachlichen auch den allgemein volkswirtschaftlichen Standpunkt und die Beziehungen der Forstwirtschaft zur Landwirtschaft an geeigneter Stelle besonders betont.

Die systematische Anordnung schien dem Zwecke am förderlichsten. Die den einzelnen Teilen vorgedruckten Inhalts-Uebersichten geben über den Plan des ganzen Werkes Aufschluss. Ein ausführliches alphabetisches Sachregister, welches der ersten Abteilung des ersten Bandes beigegeben ist, ermöglicht rasches Nachschlagen über einzelne Gegenstände.

Dass ein derartiges Werk nicht von einem einzelnen verfasst werden konnte, liegt auf der Hand. Vielmehr bedurfte es vieler Kräfte, deren jede in dem ihr zugewiesenen Gebiet ein spezielles Arbeitsfeld erblickt. Schon die Namen der Mitarbeiter werden den Lesern eine Gewähr dafür sein, dass ihnen in dem Werke ein gut Stück ernster Arbeit geboten wird. Ueberdies sei darauf aufmerksam gemacht, dass Männer verschiedenster wissenschaftlicher Richtung an dem Unternehmen mitgewirkt haben. Musste darunter auch vielleicht die Einheitlichkeit der Auffassung da und dort etwas not leiden, so hat man andererseits den Gewinn, kein Werk im Sinne einer einseitigen,

ausschliessenden Parteirichtung geschaffen zu haben, obwohl die einzelnen Abhandlungen begreiflicherweise voll und ganz den wissenschaftlichen Standpunkt ihrer Verfasser widerspiegeln.

Auch in anderer Hinsicht muss dem Buche der Charakter eines Sammelwerkes anhaften, sofern es bei einem solchen immer unmöglich ist, überall vollkommene Gleichmässigkeit der Durchführung zu wahren. Man ist sich dessen wohl bewusst, dass einzelne Arbeiten umfassender geworden sind, als es von vornherein gewünscht war. Doch hoffen wir, vielleicht gerade mit denjenigen Abhandlungen, welche den sonst knappen Rahmen des Ganzen zu überschreiten scheinen, bei Vielen eine besonders freundliche Aufnahme zu finden.

Möchte das Handbuch, indem es seinen Weg macht, den Nutzen stiften, den sich alle Beteiligten von demselben erhoffen.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Nachdem der Herausgeber der ersten Auflage, Professor Dr. von Lorey, bereits die Einleitung für die Herausgabe der zweiten Auflage getroffen hatte, wurde derselbe durch einen jähen und plötzlichen Tod am 27. Dezember 1901 abgerufen. Einer handschriftlich von ihm hinterlassenen Notiz zufolge, in welcher er den Unterzeichneten als seinen Nachfolger in der Redaktion bestimmt hatte, übernahm dieser die weitere Führung der Redaktionsgeschäfte, sowie die zum grossen Teil bereits eingegangenen Manuskripte der Herren Mitarbeiter. Es erwuchs ihm zunächst die Aufgabe, das Material einer Durchsicht zu unterziehen und diejenigen Vereinbarungen herbeizuführen, welche wegen teilweiser Kürzung, sowie zum Zweck von Aenderungen behufs Erzielung möglichster Gleichmässigkeit in der Behandlung des Stoffes, insbesondere auch zur tunlichsten Vermeidung von Wiederholungen und von Kollisionen in den Grenzgebieten einzelner Disziplinen, erforderlich erschienen.

Demnächst war die Verteilung des Stoffes in die einzelnen Bände, deren wegen der eingetretenen beträchtlichen Vermehrung des Materials vier gebildet werden mussten, zu bewirken, sowie die Ueberwachung der Drucklegung vorzunehmen.

Die an sich erwünschte Aufnahme einer „Forstzoologie“ war leider nicht mehr möglich; die Verlagsbuchhandlung hat sich jedoch entschlossen, eine solche — gewissermassen als Nachtrag zum Handbuch der Forstwissenschaft — besonders herauszugeben, zu welchem Zweck bereits ein namhafter Spezialist auf diesem Gebiete gewonnen worden ist. Das Erscheinen wird etwa in Jahresfrist zu erwarten sein.

Allen Mitarbeitern sei auch an dieser Stelle für das bewiesene freundliche Entgegenkommen und die, im Interesse des Werkes betätigte liebenswürdige Unterstützung des Herausgebers der verbindlichste Dank ausgedrückt.

Möge das mit vereinten Kräften geschaffene Werk sich einer nicht minder freundlichen Aufnahme wie die erste Auflage erfreuen!

Eisenach, Ende Juli 1903.

H. Stoetzer.

Inhalt des ersten Bandes.

I. Die Aufgaben der Forstwirtschaft. Allgemeine Erörterungen über die Ziele und Mittel der forstlichen Produktion.

Von

R. Weber.

II. Forstliche Standortslehre.

Von

E. Ramann.

III. Forstbotanik.

Von

L. Klein.

IV. Waldbau.

Von

T. Lorey.

Anhang.

Zur Pflege der Waldesschönheit.

Von

H. Stoetzer.

Verzeichnis der Abkürzungen.

A. F. u. J. Z.	= Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer.
C. f. d. g. F.	= Centralblatt für das gesamte Forstwesen. Wien, Frick.
F. Bl.	= Forstliche Blätter (von Grunert und Leo, bezw. Grunert und Borggreve). Leipzig, Gressner und Schramm, später Berlin, Parey, eingegangen.
F. Cbl.	= Forstwissenschaftliches Centralblatt (von v. Fürst, verf. von Baur, früher Monatsschrift f. F. u. J.). Berlin, Parey.
J. d. preuss. F. u. J.	= Jahrbuch der preussischen Forst- und Jagdgesetzgebung und Verwaltung. Berlin, Springer.
J. d. schles. V.	= Jahrbuch des schlesischen Forstvereins. Breslau, Morgenstern.
Krit. Bl.	= Kritische Blätter (von Pfeil und Nördlinger). Leipzig, Baumgärtner, eingegangen.
Leb. Bild.	= Hess, „Lebensbilder hervorragender Forstmänner." Berlin, Parey.
M. f. F. u. J.	= Monatsschrift für Forst- und Jagdwesen. Stuttgart. Schweizerbart.
N. J.	= Neue Jahrbücher der Forstkunde von v. Wedekind. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer.
Oest. F.	= Oesterreichische Forstzeitung (von Hempel). Wien, Hitschmann.
Oe. V.	= Oesterreichische Vierteljahrsschrift (früher Monatschrift für Forstwesen). Wien, Verlag des österr. Reichsforstvereins.
Prakt. F. f. die Schw.	= Der praktische Forstwirt für die Schweiz (von Riniker). Davos, Richter.
Schw. Z.	= Schweizer Zeitschrift für das Forstwesen. Zürich, Orell, Füssli u. Co.
Suppl. d. A. F. u. J.	= Supplemente zur Allgemeinen Forst- und Jagd-Zeitung. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer.
Suppl. z. Thar. J.	= Supplemente zum Tharander forstl. Jahrbuch. Dresden, Schönfeld.
Thar. f. J.	= Tharander forstliches Jahrbuch. Dresden, Schönfeld.
V. deutsch. F.	= Bericht über die Versammlung deutscher Forstmänner.
Z. f. F. u. J.	= Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen (begründet von Danckelmann). Berlin, Springer.

I.

Die Aufgaben der Forstwirtschaft.

Allgemeine Erörterungen über die Ziele und Mittel der forstlichen Produktion.

Von

Rudolf Weber.

Vorbemerkung.

Als einleitender Teil eines Handbuches der Forstwissenschaft stellt sich diese Abhandlung die Aufgabe, die Forstwissenschaft unter zwei Gesichtspunkten zu betrachten, wovon der erste von den Interessen der Gesamtheit — des Staates — ausgeht und die mannigfachen Beziehungen, in welche der Wald zu denselben tritt, umfasst, während der zweite individualistischer Natur ist und das Subjekt; in dessen Interesse eine Forstwirtschaft geführt wird, als ausschlaggebend in den Vordergrund stellt. Diese Trennung in eine staatswirtschaftliche und eine privatwirtschaftliche Aufgabe ist deshalb als grundlegend vor allen einzelnen Disziplinen zu behandeln, weil die wirtschaftlichen Maximen über die Wälderbehandlung sowohl in der Verwaltung als auch in der Gesetzgebung hievon wesentlich beeinflusst sind, weil ferner in mehreren Gebieten der Forstwissenschaft scharf zwischen dem „Schutzwalde" und dem „Wirtschaftswalde" unterschieden werden muss, wenn man zu widerspruchsfreien Resultaten und praktisch anwendbaren Regeln gelangen will.

Um zunächst den Gegenstand selbst, den Wald wie er jetzt ist, näher zu präzisieren, die Art, wie er seine gegenwärtige Verteilung, Grösse, Eigentumszugehörigkeit erlangt hat, zu schildern, habe ich in einer kurzen historischen Einleitung die wesentlichen Momente aus diesem Gestaltungsprozess, welcher ja noch fortdauert, hervorgehoben und diesen Abschnitt mit einer möglichst nach dem neuesten Stande ergänzten Flächenstatistik abgeschlossen[1]).

In der Betrachtung über die staatswirtschaftliche Bedeutung der Wälder habe ich mich bemüht, den möglichst exakten Nachweis für die behaupteten Erscheinungen und Wirkungen zu liefern, da es unmöglich genügen kann, bloss Berichte und Erzählungen über die verderblichen Wirkungen der Waldzerstörungen aufzuhäufen, sondern in unserem Zeitalter mit Recht gefordert wird, die Sonde wissenschaftlicher Untersuchungen an alle diese Behauptungen anzulegen. Das Rüstzeug zu solchen kritischen Untersuchungen ist aber die Naturwissenschaft, welche ich demnach gerade in

1) Die Volkszählung vom Dezember 1900, ferner die forststatistischen Erhebungen dieses Jahres waren leider zur Zeit der Drucklegung der II. Auflage dieses Werks noch nicht publiziert.

diesem Abschnitte mehr in Anwendung bringen musste, als es sonst in staatswirtschaftlichen Abhandlungen herkömmlich ist. Namentlich war es durch den Zweck geboten, die meteorologischen Beobachtungen über die Beziehungen des Waldes zu den einzelnen klimatischen Faktoren anzuführen, welche die verschiedenen Versuchsanstalten mit anerkennenswertem Eifer durchgeführt haben, allein dieses wertvolle Material ist z. Z. nur zum Teil so durchgearbeitet, dass allgemeine Schlussfolgerungen daraus gezogen werden könnten. Eine Bearbeitung dieses Gegenstandes musste daher notwendig stattfinden, wollte ich anders nicht auf dieses ganze Beobachtungsmaterial verzichten.

In dem zweiten Abschnitt über das privatwirtschaftliche Interesse bei der Forstwirtschaft habe ich diesen Produktionszweig nach seinen wirtschaftlichen Faktoren: Natur, Arbeit und Kapital betrachtet und mich dabei bestrebt, die allgemeinen Gesetze möglichst hervorzuheben, welche den Gang dieser Werterzeugung beherrschen. Selbstverständlich fanden hiebei zahlreiche Berührungspunkte mit den einzelnen Disziplinen, namentlich mit Statik und Waldwertrechnung, dann Forstpolitik statt, deren Grenzlinien ich nach Möglichkeit einzuhalten bestrebt war.

Indem dieses Heft als erstes in der Reihe der zum „Handbuche“ vereinigten in die Oeffentlichkeit tritt, trägt es daher gewissermassen das Motto der sämtlichen forstlichen Disziplinen: „Naturwissenschaft und Wirtschaftswissenschaft“.

Die geographische Verteilung der Wälder in Europa und ihre historischen Ursachen.

§ 1. Wie die Bedürfnisse der Menschen mannigfach von der physikalischen Beschaffenheit der von ihnen bewohnten Länder bedingt und beeinflusst waren, so spielt auch in der Art der Befriedigung dieser Bedürfnisse die umgebende Natur eine hervorragende Rolle, indem sie der menschlichen Arbeit den Angriffspunkt und die Richtung giebt. So war es für das Gedeihen der menschlichen Kultur gewiss von Vorteil, dass in den grossen Länderstrecken, welche die arktische Zone der nördlichen Hemisphäre einfassen, sich ein breiter Gürtel mächtiger Waldgebiete[2]) durch alle drei Kontinente hinzieht, deren jahrhundertelang aufgespeicherte Schätze von Brennstoff und Baumaterial den Ansiedlern es ermöglichte, den Kampf mit den Unbilden eines winterlichen Klimas aufzunehmen. Ohne Zweifel haben die Wälder die Lebensweise, Sitten und Gewohnheiten der ersten Bewohner dieser Gegenden in bezug auf Konstruktion der Wohnungen und Geräte, Art der Feuerung und Speisenzurichtung mannigfach beeinflusst, wie ja bekanntlich die Steppe, Prairie und die Wüste ihrerseits den Lebensgewohnheiten der Menschen ihr unverkennbares Gepräge erteilen. Seit jenen ersten Ansiedelungen, wie sie uns jetzt die prähistorischen Forschungen kennen lehren, hat aber der Wald durch alle Stadien der Kulturentwicklung nicht aufgehört, eine nachhaltig fliessende Quelle unentbehrlicher Güter zu sein, welch' letztere zwar lange Zeit nur im Wege der blossen

---

2) Der Norden des europäischen Russlands nebst Finland und der skandinavischen Halbinsel, ferner ein grosser Teil Deutschlands war bei Beginn unserer Zeitrechnung vermutlich eine ähnliche kompakte Waldmasse, wie dies noch jetzt die sibirischen Taigas und Urmans in den Stromgebieten des Ob, Jenisei, Olonek, der Lena und Jana sind, die zusammen eine Längenausdehnung (von O nach W) von ca. 3000 englischen Meilen bei einer Breite (von N nach S) von 1000 bis 1700 Meilen besitzen. Analog zeigt der nordamerikanische Kontinent in den kanadischen Provinzen Quebec und Ontario bis zur Hudsonsbai ein Waldgebiet, dessen Länge (in O-W Richtung) 1700 englische Meilen und dessen Breite in S-N 1000 Meilen betragen soll. Aber auch von der pazifischen Küste her erstreckt sich in den nördlichen Territorien von Washington, Alaska zusammen mit britisch Columbia ein grosser Waldgürtel, dessen Flächengrösse man noch höher veranschlagt, als jenen der vorgenannten westlichen Wälderzone.

Besitzergreifung und unbekümmert um etwaige Erschöpfung benutzt wurden, aber bezüglich ihres Gebrauchswertes zu allen Zeiten unter die dringendsten Bedürfnisse, unter die Notdurft gerechnet wurden.

Freilich traten bei der Besiedlung der Länder unseres Himmelsstriches die undurchdringlichen Waldmassen auch in feindliche Kollision mit den Interessen der Ackerbau und Viehzucht treibenden Bewohner — galt es doch, die fruchtbaren Flächen einer die Arbeit lohnenden, intensiveren Kultur zu gewinnen und mit zäher Anstrengung neue, künstliche Vegetationsformen, Felder, Wiesen und Gärten an die Stelle der aus der Hand der Natur hervorgegangenen Wälder zu setzen. Die Ausbreitung menschlicher Kultur beginnt daher in den waldreichen Gebieten mit Vernichtung der Waldungen, weil jeder Ansiedler bestrebt sein muss, sich rasch genug in den Besitz von so viel urbarer Fläche zu setzen, um mit dem Ertrage seinen Viehstand überwintern zu können. Wie heutzutage der „Lumberman“ in Kanada oder der Kolonist in Australien verfährt, so haben zweifellos ehedem auch die Ansiedler, denen Deutschland seine Kultur verdankt, Feuer an die Holzbestände gelegt, weil die Arbeit der Axt das Zerstörungswerk zu langsam vollbracht hätte. In der Tat enthält auch die lex Saxonum eine Bestimmung über die Haftpflicht für Schaden, wenn ein angezündeter Baumstamm beim Fallen einen Menschen trifft, und die Ortsnamen erzählen uns noch durch ihre Zusammensetzungen mit den Endungen auf -brand, -schwand, -schwende, -reut, -rüti, -gereut und -hag von der Brandkultur, welcher in alten Zeiten der Wald weichen musste. Aus den uns erhaltenen Urkunden der Karolinger Zeit kann man ersehen, dass schon seit dem Ende der Völkerwanderung allmählich immer ausgedehntere Rodungen in den einst von den römischen Historikern und Geographen als unermesslich geschilderten Waldgebieten Deutschlands stattgefunden haben, und von Karl dem Grossen ist bekannt, dass er die friedliche Unterwerfung der mit Waffen eroberten Länder durch Ausbreitung der Kultur besonders eifrig erstrebte. Nachweisbar dauerte diese Waldausstockung im grossen Massstabe noch fort bis gegen das Ende des XIV. Jahrhunderts, während welcher Zeit die Mehrzahl der Dörfer, Herrschaften und Klöster sowie der Städte Deutschlands gegründet und ein reiches Kulturleben über die Gegenden ausgebreitet wurde, die vorher unwegsame Wildnisse waren. Aber selbst bis zum XIV. Jahrhundert gab es noch keine festen, ausgeschiedenen Grenzen zwischen Wald und Feld; nach Belieben brannte man an passenden Stellen den Wald nieder, oft nur um einiger Ernten willen, während die Flächen brach liegen blieben oder wieder mit Wald anflogen — sog. Aussenfelder. Im allgemeinen begünstigten die Landesherren, geistlichen und weltlichen Fürsten die Rodung und Anlage von Neubrüchen in ihren Gebieten, weil die Zahl ihrer Untertanen und der Wert ihrer Dienstleistungen und Reichnisse wuchs, ja ein sog. Neubruchzehent sowie die Rodlehen brachten sogar eine ergiebige finanzielle Einnahmequelle aus den sonst ertraglosen Waldungen. Auch die älteste Form der Dorfgemeinden, die Markgenossenschaften, waren bis im Anfange des XIII. Jahrhunderts freigebig in der Gestattung von sog. „Einfängen“, d. h. Rodungen zu landwirtschaftlicher Benützung in ihren Markwaldungen, solange der Ueberfluss an Wald scheinbar unerschöpflich war.

§ 2. Während so die Zerstörung und Verdrängung des Waldes als eines Kulturhindernisses die notwendige Voraussetzung für den Beginn und die Entwicklung einer höheren Kulturstufe bildete, zeigte sich andrerseits doch bald, dass auch für Erhaltung der notwendigen Holzvorräte etwas geschehen müsse. Frühzeitig trat dies in den alten Kulturländern der ehemals zum Römerreich gehörigen Gebiete hervor: Schon Karl der Grosse befahl in dem Capitulare de villis seinen Beamten, welche die kaiserlichen Güter verwalteten, dass sie da, wo Wälder sein müssen, niemand erlauben dürften, dieselben zu überhauen und zu verderben. Vielfach trug auch die Jagdlust der Könige und später

der Landesfürsten zu strenger Abschliessung ihrer Wildbanne und Bannforste gegen das Eindringen der Waldausstockung bei. Jedenfalls verdanken viele der noch jetzt vorhandenen geschlossenen Waldkomplexe ihre Erhaltung der Inforestation oder Bannlegung, wie uns viele Urkunden aus dem X. und XI. Jahrhundert beweisen, wenn auch der Beweggrund zu dieser Abgrenzung anfangs hauptsächlich in der Sicherung des Jagdrechtes lag. Erst im XIII. Jahrhundert finden wir in Deutschland die ersten Versuche einer Verwehrung der Rodungen aus Rücksichten für die Walderhaltung und zwar in den Markgenossenschaften im Rheingau und der Wetterau, woran sich dann später die zahlreichen Rodungsverbote anschlossen, die in den „Weistümern" enthalten sind. Bemerkenswert ist namentlich ein Rodungsverbot, das durch die Rücksicht auf Erhaltung der zum Salinenbetrieb Salzburgs notwendigen Wälder motiviert ist und das 1237 von dem dortigen Erzbischofe erlassen wurde, während dagegen in anderen Gebieten der bayerischen Alpen noch zwei Jahrhunderte lang jeder Ansiedler das Recht zur Anlage von Neubrüchen und Alpenängern ausüben konnte. In den Markgenossenschaften jedoch bildete sich immer fester die Ausscheidung von Privateigentum und Almend aus und immer zahlreicher findet man Verhandlungen über das Verbot der Bildung neuer Einfänge und über Erhaltung der Grenzen der Markwaldungen gegen das Ackerland. In den dichter bevölkerten Ländergebieten Deutschlands war daher die Urbarmachung der zur landwirtschaftlichen Benutzung geeigneten Flächen in der Hauptsache bis zum XIV. Jahrhundert vollzogen, neue Gründungen von Dörfern und Kolonien fanden nachher nur noch im Böhmerwalde und bayerischen Walde, sowie inmitten anderer grosser Waldgebirge vereinzelt statt, so dass das Verhältnis zwischen Wald und Feld in Deutschland seit einem halben Jahrtausend nicht mehr sehr erheblichen Veränderungen unterlegen ist.

Die Ursache dieser Stabilität in dem Flächenverhältnisse lag teils in dem Uebergang von der extensiven landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweise mit vorherrschender Waldweide und Brache zu intensiverem Betriebe, teils aber auch in der schärferen Abwehr aller Angriffe auf den Wald durch die Ausbildung der Forsthoheit der Landesherrn. Die Theorie, dass die oberste Aufsicht über alle Forst- und Jagdangelegenheiten und die Macht, darüber zu gebieten und zu verbieten, ein Attribut des territorialen Herrscherrechtes — ein Regal — sei, bewirkte den Erlass zahlreicher Wald- und Forstordnungen seit der Mitte des XVI. Jahrhunderts. Neben vielen anderen wirtschaftlichen und administrativen Bestimmungen enthalten aber fast alle diese landesherrlichen Erlasse in erster Linie das Verbot, Neugereute ohne Erlaubnis der Behörden anzulegen; die „neuen Einfänge und Brände" wurden allenthalben abgeschafft, so in der bayer. F.O. von 1568, hohenloheschen (1551), der württembergischen (1552), der weimarschen (1646), der hessischen (1602), mecklenburgischen, mannsfeldschen, salzburgischen, kärntischen und anderen. In vielen dieser Verordnungen wird bereits der Befürchtung künftigen Holzmangels Ausdruck gegeben, und es werden Massregeln zur pfleglichen Waldbehandlung und ökonomischen Nutzung der Holzvorräte angeordnet und zwar nicht bloss für die landesherrlichen Forste, sondern auch für die Gemeinde-, Kloster- und Gutswaldungen des betreffenden Territoriums. Wenn man diese zahlreichen, geschichtlich interessanten Waldordnungen der deutschen Landesherren durchliest, so bekommt man den Eindruck, dass schon im sechzehnten Jahrhundert die Frage der Walderhaltung an vielen Orten eine brennende war, man glaubte aber, von obrigkeitswegen genug gethan zu haben, wenn man Repressivmassregeln gegen die weitere Ausdehnung der Ausstockungen ergriff und wohlgemeinte Ratschläge für Hebung der Wälderbehandlung erliess, deren Ausführung jedoch an der mangelhaften Kenntnis über die Grundsätze der Holzzucht meistens scheitern musste.

Die Periode des dreissigjährigen Krieges machte alle diese Sorgen in Deutschland gegenstandslos, da infolge der ungeheuren Verluste an der Bevölkerungszahl, dann des Darniederliegens des Feldbaues und der Zerstörung der Dörfer leider viele Fluren sich von selbst mit Gesträuch und Wald bedeckten und ganze Gegenden wieder verwilderten. Aus diesem Grunde fehlen auch alle genaueren Anhaltspunkte für eine ziffermässige Angabe der Bewaldungsverhältnisse in Deutschland während des XVII. Jahrhunderts und da in der zweiten Hälfte des letzteren die Initiative der Wirtschaftspolitik von Frankreich ausging, dessen Beispiel bei den deutschen Höfen fast allgemein Nachahmung fand, so ist es nötig, einen Blick auf die Entwicklung der Waldschutzfrage in diesem Lande zu werfen.

§ 3. Durch die frühzeitige Zentralisierung der königlichen Gewalt wurde auch die Ausbildung einer zentralisierten Forsthoheit in Frankreich gegenüber der territorialen Zersplitterung in Deutschland wesentlich erleichtert. So konnte schon unter Karl IX. im Jahre 1573 eine Forstordnung für das ganze Reich erlassen werden, welcher unter Heinrich IV. 1597 eine erneuerte und nach den Grundsätzen des berühmten, der Landwirtschaft und der Freiheit des Eigentums so günstigen Ministers Herzogs von Sully umgearbeitete ordonnance folgte. Es scheint aber, dass diese Forstordnungen nicht die nötige Exekutive fanden und daher wirkungslos blieben, obwohl sie bei den Grundbesitzern wegen ihres milden Charakters beliebt waren. Erst unter Ludwig XIV. Regierung wurde durch Colbert jene bekannte ordonnance sur le fait des forêts vom Jahre 1669 erlassen, welche 120 Jahre lang die Richtschnur für die französische Forstpolitik bildete und die zum Teil bis auf die Gegenwart noch fortwirkt. Mit schwungvollen Worten preist dieser Erlass die Erhaltung der Forste — „dieses geheiligten Stückes unseres Erbteiles“ — als eine würdige Regentensorge, da sie nicht bloss dem Staate in hohem Masse zur Zierde gereichen, sondern auch ein kostbarer und bequemer Schatz für ausserordentliche Notfälle seien, dessen Wachstum unmerklich und ohne Nachteil für die Untertanen von Natur aus erfolge. —

Für Hebung der Forstkultur, namentlich Ansaat sowie Bepflanzung der Blössen und Oedgründe in den Staatswaldungen, den Gemeindewäldern und jenen der öffentlichen Institutionen wurden ausführliche Vorschriften erlassen und eine Organisation für den Forstdienst, die chambres des eaux et forêts, eingerichtet, sowie Bestimmungen über Bestreitung der Kosten entworfen. Von einschneidender Wirkung in die Freiheit des Privateigentums waren die Verbote der Waldrodungen ohne Erlaubnis der Forstämter, ferner die Reservierung aller in den Privatwäldern vorkommenden Eichstämme, welche zu Schiffbauholz tauglich waren, für die königliche Marine und der Zwang, eine bestimmte Anzahl solcher Stämme in den Schlägen überzuhalten (droit de martelage). Ausserdem wurden die Privaten bezüglich ihrer Waldkulturen und Waldbenutzung amtlich überwacht und der Holzhandel fast ängstlich kontrolliert. Wenn sich nun auch nicht leugnen lässt, dass infolge dieser mit grosser Strenge durchgeführten Ordonnance die frühere, weithin eingerissene Unordnung in der nationalen Waldwirtschaft Frankreichs einer pfleglicheren Behandlung der Wälder Platz gemacht hat, so muss anderseits doch zugegeben werden, dass die Grundtendenz des Colbertismus, das System der einseitigen Begünstigung von Handel und Manufaktur auf Kosten der Bodenproduktion einen prinzipiell feindseligen Charakter gegen die Waldwirtschaft hatte. Die Regierung wollte in erster Linie eine günstige Handelsbilanz erzielen, da ja die Gewinnung und Erhaltung von Edelmetallen die oberste Maxime der Staatsraison war; um aber Berg- und Hüttenwerke, Schmelzöfen, Glashütten und andere Fabriken im Lande betreiben zu können, brauchte man vor allem Holz — ein Produkt, dessen der Schiffbau für die Handelsflotte und die Marine nicht minder bedürftig war. Aber dieses Holz musste möglichst billig sein und für den Staatsbedarf sogar im Expropriationswege

von den Privaten beziehbar sein, daher lag die Erschwerung des Rohproduktenhandels, das Verbot der Ausfuhr ausser Landes, die martelage, sowie der Aufforstungszwang ganz in dem Prinzipe des Merkantilsystemes. Liess nun schon diese wirtschaftliche Unfreiheit, die Unterdrückung jeder Konkurrenz und die künstliche Niederhaltung der Holzpreise kein gesundes Streben unter den Privatwaldbesitzern aufkommen, so sorgte gleichzeitig eine chikanöse und sportelsüchtige Anwendung des Regulativs dafür, dass die Waldeigentümer zur Verzweiflung getrieben wurden. Trotz dieser Nachteile des damals herrschenden Systems der Staatswirtschaft und trotz der mit dem Aemterkaufe verbundenen Schäden sind doch aus diesem Zeitalter verschiedene Leistungen im Gebiete der Forstwirtschaft zu nennen, vor allem die Bestrebungen um Wiederbewaldung der Dünen, insbesondere der „Landes“ bei Bordeaux, die schon im zweiten Dezennium des XVIII. Jahrhunderts begonnen wurde und bei denen sich später namentlich Brémontier hervorragende Verdienste erworben hat. Ebenso wurden in Frankreich schon frühzeitig Versuche von Verbesserungen der waldbaulichen Technik, der Hiebsführung und der Durchforstungsprinzipien unternommen —, ja die heutzutage so viel besprochene éclaircie par le haut wird schon auf den bis 1567 wirkenden Chef der Forstverwaltung unter Karl IX. de Rostang zurückgeführt.

Am wenigsten günstig erwies sich das Merkantil-System Colberts und seiner Nachfolger für die Besitzer der Privatwaldungen, teils wegen der ungünstigen Besteuerung des Waldeigenthums, teils wegen dessen wirtschaftlicher Gebundenheit und Abhängigkeit von den Regulativen. Wie Mirabeau d. Ae. ausführlich schildert[3]), beschleunigten die Gutsbesitzer selbst den Ruin ihrer Wälder, nur um von der gefürchteten Forstpolizei-Gerichtsbarkeit (der table de marbre) loszukommen. Massenhaft liefen die Gesuche um Erlaubnis zum Abtriebe der Waldungen ein und die Rodung — diese Vorläuferin der Auswanderung — erschien den Bauern noch als letzte Quelle zur Hebung ihres Wohlstandes.

Schon im Jahre 1721 konnte daher der berühmte Naturforscher Réaumur in der academie royale[4]) konstatieren, dass trotz der strengen Forstgesetze eine unverkennbare Gefahr für den Staat aus dem Rückgang der forstlichen Produktion entstehe.

„Allgemeine Beunruhigung, sagt Réaumur, herrscht über die Vernichtung der Wälder des Königreichs und leider ist diese Unruhe nur allzu begründet. Nicht allein in den grossen Städten führt man Klage darüber, dass alle Holzsortimente immer seltener werden, sondern dieselben Klagen kommen auch aus denjenigen Landesteilen, wo das Holz sonst sehr häufig vorkam. Ueberall, wo Eisenhämmer, Hochöfen, Glashütten etc. bestehen, befürchtet man, dass diese an dem Mangel des zu ihrem Unterhalt nötigen Holzes zu Grunde gehen müssen. Man hat vielleicht den Verbrauch übermässig ausgedehnt, sei es in bezug auf Zimmer- und Werkholz, sei es hinsichtlich des Brennholzes; wir bauen, möblieren und heizen mehr Zimmer, als unsere Voreltern gethan, die Zahl der Essen, Hochöfen und Glasschmelzen hat sich vervielfacht — aber es wäre eine falsche Auffassung des Staatsinteresses, wollte man die Zahl dieser Werke vermindern, um den Wald zu erhalten. Was aber das öffentliche Interesse dringend erfordert, das ist, dass nicht zugleich die Holzmassen sich vermindern, während der Verbrauch sich steigert . . Es ist äusserst wünschenswert, dass jene Bodenflächen, die Wald geblieben sind, auch unseren Bedarf decken, dass sie stets vollständig bestockt seien und dass namentlich eine Verminderung ihrer Produktion verhindert werde. Dann würden die uns verbliebenen Wälder uns hinreichend mit Produkten versorgen.“

In dem weiteren Verlauf dieser höchst interessanten „Reflexions“ untersuchte Ré-

3) Victor Riquetti, marquis de Mirabeau „Philosophie rurale ou Economie générale et politique de l'agriculture.“ Amsterdam 1764.

4) Histoire de l'Academie Royale de France, Année 1721. S. 284. Reflexions sur l'état des bois du royaume et sur les précautions, qu'on pourrait prendre pour en empêcher le dépérissement et les mettre en valeur par Réaumur.

aumur die Nachteile der durch die Ordonnance von 1669 vorgeschriebenen Ueberhälter (baliveaux de martelage), lehrt die Ermittlung des jährlichen Zuwachses auf einem Morgen (arpent) Mittel- und Niederwald und gelangt zu der Forderung einer Umtriebszeit, innerhalb welcher das Maximum des Zuwachses erreicht werden könne. In waldbaulicher Hinsicht betont er namentlich die notwendige Ergänzung der nicht mehr ausschlagenden Stöcke durch Eichelsaaten, eventuell unter Anwendung des Hackwaldbetriebes — ein Abschnitt, der gerade dadurch besonderes Interesse bietet, weil die Oberforstbehörde in einem Schreiben an Réaumur behauptet hatte, die Stöcke der Eichen seien unsterblich und könnten immerfort ausschlagen. Am Schlusse seiner Abhandlung richtet Réaumur noch die lebhafte Aufforderung zu Kulturversuchen mit ausländischen Holzarten an die Akademie."

Achtzehn Jahre später beschäftigte sich dieselbe illustre Korporation mit der Wald-Erhaltungsfrage, über welche kein Geringerer als Büffon referierte[5]). Er beginnt folgendermassen:

„Das Holz, einst so allgemein, reicht gegenwärtig kaum zu dem allerunentbehrlichsten Bedarf aus und wir sind für die Zukunft von einem vollständigen Mangel daran bedroht, denn es wäre fast gleichbedeutend mit dem Staatsuntergang, wenn wir genötigt wären, Zuflucht bei unseren Nachbarn zu suchen und von ihnen mit grossen Unkosten das zu beziehen, was wir mit einiger Sorgfalt und einiger Oekonomie uns selbst verschaffen können[6]). Allein dazu muss man die Zeit rasch ergreifen und lieber von heute ab mit den Massregeln beginnen. Denn wenn wir untätig und zugleich gierig im Verbrauch noch länger fortfahren, in unverantwortlicher Weise gleichgiltig gegen die Nachwelt zu bleiben, wenn wir nicht unsere Forstpolizei umgestalten, so ist zu befürchten, dass die Forste, diese wertvollste Domaine unserer Könige, zu wüstem Land werden, dass die Schiffsbauhölzer, auf denen unsere Stärke zur See beruht, eines Tages verschwunden sind ohne jegliche Hoffnung einer möglichen Wiederherstellung. Selbst Jene, welchen die Erhaltung der Wälder anvertraut ist, beklagen deren Untergang, aber es genügt nicht, ein empfundenes Uebel zu beklagen, sondern man muss das Heilmittel suchen und jeder gute Bürger muss an die Oeffentlichkeit treten mit seinen in dieser Hinsicht gemachten Erfahrungen und Ueberlegungen." An anderer Stelle fährt Büffon fort: „Wie viel Oedland giebt es nicht im Königreiche, unter dem Namen Landes, Bruyères (Haiden) und Gemeindeländereien, welche absolut ertraglos sind? Enthält nicht die Bretagne, das Poitou, die Guyenne, Bourgogne, Champagne und mehrere andere Provinzen nur allzuviel unnützes Land? Der grösste Teil dieser Ländereien war ehemals von Natur aus Wald, wie ich selbst an vielen Stellen dieser wüsten Bezirke bemerkt habe, denn man findet noch die alten verfaulten Stöcke vielfach daselbst. Vermutlich hat man diese Wälder allmählich so heruntergebracht, wie dies noch in den Gemeindeländereien der Bretagne zu sehen ist und erst im Verlaufe der Zeit hat man sie so vollständig vernichtet."

Büffon hat in seinen eigenen Waldungen erhebliche und für jene Zeit beachtenswerte Versuche mit verschiedenen Methoden der Saat und Pflanzung von Eichen auf schwerem Lehmboden und auf Sandboden gemacht. Diese Kulturversuche wurden streng systematisch auf genau eingeteilten Flächen gemacht und stützen sich auf Untersuchungen der Tiefgründigkeit und Feuchtigkeit des Bodens. Gleichzeitig enthält diese Arbeit Vorschläge über Nachzucht der Eichenstarkhölzer in Horsten, statt im Einzelstande als Oberständer (baliveaux) ferner eine Theorie über die Wahl der Umtriebszeit des grössten Massenertrages.

Wenn schon die Initiative Réaumur's und Büffons zweifellos einen mächtigen Anstoss zu Fortschritten auf dem Gebiete des Waldbaues in den gebildeten Kreisen der Gutsbesitzer gab, so gilt dies noch ungleich mehr von den eifrigen und lange fortgesetzten wissenschaftlichen Arbeiten, welche Duhamel du Monceau über weite Gebiete der Forstwissenschaft veröffentlichte, so dass er unter die ersten Begründer dieser Disziplin zu rechnen ist. Dagegen hat einen mehr kritischen Standpunkt in der Beurteilung der staatswirtschaftlichen Verhältnisse der Bodenproduktion im allgemeinen und der Waldwirtschaft im besonderen Marquis de Mirabeau (der Aeltere) eingenommen.

---

5) Histoire de l'Academie Royale de France, Année 1739. S. 140. Mémoire sur la conservation et le retablissement des forêts par M. de Buffon.

6) Heute übersteigt der Wert der Holzeinfuhr Frankreichs jenen der Ausfuhr um jährlich weit über 100 Mill. Frcs.

Mit beissenderer Satire beleuchtete dieser die schädlichen Einwirkungen der übertriebenen polizeilichen Reglementierung der Waldwirtschaft durch das Merkantilsystem indem er vom physiokratischen Standpunkte aus und in Konsequenz der Ideen Quesnays die unbeschränkte Freiheit der Privatwaldwirtschaft verlangte, was ihm freilich eine lettre de cachet für die Bastille eintrug. Von da an verkettete sich die Wahl zwischen Waldschutz oder Freigebung der Bodenwirtschaft immer mehr mit den übrigen politischen Fragen dieser Periode, wie man auch aus Stevarts „Recherches des principes de l'économie politique[7]) von 1789 ersieht und ein politischer Akt — das Dekret der Nationalversammlung vom 27. Dezember 1790 — entschied die Abschaffung des régime foréstier über sämtliche Gutswaldungen. —

§ 4. Wenn auch die territoriale Vielgestaltigkeit Deutschlands die forstlichen Zustände mannigfaltig modifizierte, so bewirkte doch die damals herrschende Doktrin in der Staatswirtschaft und die an vielen Höfen betriebene Nacheiferung der merkantilistischen Politik, dass viele der im Vorstehenden bezeichneten Uebelstände auch hier zu Tage traten. Hierunter sind besonders die in vielen Forstordnungen[8]) ausgesprochenen Verbote des Holzhandels nach dem Auslande und der Flösserei zu zählen, nicht minder drückten die überall eingeführten polizeilichen Taxen den Preis der Forstprodukte, vor allem aber tragen die den Bergwerks-Verwaltungen in Tirol und Steiermark eingeräumten Befugnisse zur Expropriation der in ihrem Bezugsgebiete liegenden Privatwälder den Stempel des Merkantil-Systems. Auf denselben Ursprung weist die in Anhalt-Dessau vorkommende Bestimmung hin, dass alle Eichenstämme in den Privatwäldern landesherrliches Eigentum seien[9]), während im Siegener Land der Fürst von Nassau-Oranien eine vollständige Absperrung seines Gebietes mittelst der sog. Landhecke und Verhinderung der Ausfuhr aller Rohstoffe durchführte. Aehnliche Wirkungen des Absolutismus waren die Verschärfungen der Rodungsverbote für alle „Gutswaldungen, Hölzer und Büsche“ wie sie in zahlreichen Holzordnungen ausgesprochen sind, die aber doch das Gute hatten, manche Abschwendung und Verwüstung von jungen Hölzern zu verhindern.

Dass der Colbertismus aber auch in Deutschland keinen besonders günstigen Einfluss auf die Waldwirtschaft übte, zeigen uns die Schilderungen des ersten forstlichen Schriftstellers dieses Landes Hans Carl von Carlowitz[10]), welcher an mehreren Stellen seines Werkes von den viel tausend Acker grossen Blössen und Stockräumden in den Wäldern als Folgen des enormen Verbrauches der Bergwerke und Hütten spricht. Insbesondere in Cap. IV. § 20 sagt er:

> „Diejenigen so nur wenig Notiz von dem Zustand und Beschaffenheit der Gehölze haben, müssen bekennen, dass binnen wenig Jahren in Europa mehr Holz abgetrieben worden ist, als in etlichen Säculis erwachsen, daher der Schluss leicht zu machen, was es für ein Ende gewinnen möchte.“ . . . Die Bäume sind ausgerottet, die Wälder, die doch sonsten ein Land recht glücklich machen, hinweg; das Gebirge und Hügel von Holz entblösst.“

Auch die übertriebene Rodungslust der bäuerlichen Bevölkerung scheint im Beginne des XVIII. Jahrhunderts in Deutschland in ähnlicher Weise wie oben von Frankreich

---

7) Paris chez Didot 1789.

8) Württemb. F.O. Die Untertanen und Schirmverwandten dürfen nur so viel zur Verflössung hauen, als ihnen von den Amtleuten und Förstern angewiesen wird; sie dürfen nur an inländische Flösser verkaufen. Tannene Flösse dürfen nicht ins Ausland gehen, ehe sie im Inlande ausgeboten sind, Kohlen überhaupt gar nicht.

Die Hohenlohe'sche F.O. verbietet, erkauftes Holz oder solches aus eigenen Waldungen ins Ausland zu führen bei Strafe von 10 fl. per Wagen. Aehnlich die Weimarische und markgräfl. Brandenburg'sche F.O.

9) W. Riehl „Land und Leute“ 1861. Stuttgart, Cotta. S. 59.

10) Hans Carl von Carlowitz „Sylvicultura oeconomica“ oder Anweisung zur wilden Baumzucht. Leipzig 1713. J. F. Braun.

gesagt wurde, geherrscht zu haben, denn Carlowitz schreibt im Kap. V. § 43:

„Es ist fast ein Universal-Affekt und gemeine Seuche, dass jedermann lieber Feld und Wiesen als Holz besitzen will und also dahin incliniret, wie dieses zu vertilgen und teils gänzlich auszurotten, gleich als wenn es ein Unkraut und zur Führung einer Hauswirtschaft gar nicht nötig wäre."

Es ist bezeichnend, dass die im Anschluss an diese Klagen über Waldverwüstung gemachten positiven Verbesserungsvorschläge in der Holzzucht nicht von einem der zahlreichen Oberjägermeister, sondern von dem für die Zukunft der Montanindustrie besorgten Oberberghauptmanne v. Carlowitz ausgingen, — analog wie in Frankreich Réaumur und Büffon die Grandmaitres des forêts belehren mussten, wie man säen und pflanzen müsse, da die Eichenstöcke nicht, wie jene wähnten, unsterblich seien. Die durch diese Vorgänge eklatant bewiesene Notwendigkeit. dass vor allem ein gewissenhaftes Studium der Natur des Waldes und ihrer Gesetze, dass eine Ausbildung der technischen Methoden des Forstbetriebes not tue, führte unter dem Drucke der drohenden Holznot zu einer erfreulichen Entwicklung der forstwissenschaftlichen Disziplinen während des XVIII. Jahrhunderts. Die Regierungen erkannten, dass mit Forstordnungen und prohibitiven Strafgesetz-Paragraphen allein sich noch keine Verbesserung der Waldwirtschaft erzielen lasse. Hand in Hand mit der Ausbildung der theoretischen Grundlagen gingen daher in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts die Bestrebungen, die Kenntnisse und technische Qualifikation der Beamten zu heben und an die Stelle der holzgerechten Jäger „Forstwirte" zu setzen.

§ 5. Die gewaltige Katastrophe, welche im Jahre 1789 zunächst den französischen Staat und in weiterer Folge die meisten europäischen Staaten bis auf die Grundfesten erschütterte, blieb auch nicht ohne tiefeingreifende Wirkungen auf die Wälder. Da schon jede Erschütterung der staatlichen Autorität und des Rechtszustandes gewöhnlich zu Eingriffen in das schutzlos gewordene Waldeigentum führt, so wurde durch die weitverbreitete Erbitterung über die drückenden Bestimmungen der Ordonnance von 1669 der Kampf gegen den Wald in Frankreich mit einem wahren Fanatismus geführt. Wie im kleinen die Bauern und Proletarier aus den Staats- und Gutswaldungen um die Wette raubten, was für sie erreichbar war, so hausten im grossen Massstabe die Spekulanten und Käufer der konfiszierten und veräusserten Güter in den ehemals der Kirche und dem Adel gehörigen Forsten. Man schätzt die allein in den vier Jahren 1789—93 niedergehauenen Wälder auf 33 314 Quadrat-Kilometer d. h. 3¹/₃ Millionen ha. Dazu kam, dass infolge der Aufhebung des régime forêtier durch das Dekret vom 27. Dezember 1790 auch die Besitzer der kleinen Privatwälder die neue Freiheit meistens im Sinne einer masslosen Devastation ihrer Holzungen anwandten, wozu freilich auch die Not und die hohen Kriegssteuern ihren Teil beitrugen. Schon innerhalb kurzer Zeit bildete sich allgemein die Ueberzeugung, dass diese Verwüstungen mit dem Ruin des Landes endigen müssten, und bereits unter dem Konsulat wurden unterm 29 Germinal an XI ein Verbot weiterer Rodungen erlassen und eine regelmässige Forstverwaltung für die National- und Kommunal-Waldungen wieder eingeführt.

§ 6. Einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die staatswirtschaftlichen Maximen bezüglich der Forstwirtschaft übte Adam Smith[11]) und seine Anhänger aus. Wenn auch sein System hinsichtlich der Bedeutung von Arbeit und Kapital gänzlich von dem der Physiokratie abweicht, so blieb doch vieles von den physiokratischen Forderungen in bezug auf die Bodenwirtschaften bestehen. Hieher gehört namentlich die Forderung der unbedingten Freiheit in der Benutzung und jene der Beseitigung aller rechtlichen Schranken, welche diese hemmen, dann die Aufteilung des gemeinschaft-

11) Adam Smith „Untersuchungen über den Nationalreichtum" II. Bd.

lichen Eigentumes (Almenden und Gemeindewälder) endlich des Verkaufs der Staatsforsten an Private. Diese in der Abhandlung über Forstpolitik des Handbuches eingehender behandelten Forderungen griffen deshalb tiefer in die eigentliche Praxis und in den Waldstand ein, weil die A. Smith'schen Theorien ungleich zahlreichere und einflussreichere Verfechter in den Regierungen und Volksvertretungen fanden, als seinerzeit die physiokratischen. Namentlich hat die These, dass der Staat zum Betrieb irgend welcher Produktionswirtschaft ganz ungeeignet sei, dass vielmehr der Individualismus und der im Erwerbstrieb der Privaten liegende Sporn allein den höchsten Nutzeffekt der Bodenwirtschaft gewährleiste, zu umfangreichen Verkäufen von Staatswaldungen geführt. Freilich fand diese Theorie in dieser Hinsicht eine aktive Förderung in dem Geldbedürfnis aller öffentlichen Kassen und der Erschöpfung des Staatskredites, während der napoleonischen Kriegsjahre. So segensreich daher im allgemeinen viele der Konsequenzen des Freihandels-Systems waren, ebenso wenig förderte es die Waldwirtschaft, weil es hierüber fundamentale Irrtümer verbreitete. In Deutschland waren hauptsächlich der Kanzler Hardenberg für Preussen, Minister Montgelas für Bayern die Träger dieser Reformideen, während theoretisch Gg. Sartorius[12]) in Göttingen, Jacob[13]) in Halle, Krug[14]) in Berlin, Murhard[15]) in Göttingen und Hazzi[16]) in München hiefür tätig waren. In der Tat gelang es, für den Verkauf der Staatwaldungen an Private, sowohl in Preussen als in Bayern Stimmung zu machen und dass dies nicht in grösserem Umfange stattfand, lag nur in der Schwierigkeit, die erforderlichen zahlungsfähigen Käufer zu finden, welche sich schon beim Verkaufe der säkularisierten Kirchengüter herausgestellt hatte. Da auch G. L. Hartig, der damals an die Spitze der preussischen Forstverwaltung getreten war, kräftig intervenierte, so wurde die Veräusserung der Staatsforsten in Preussen nur auf Teile der in den Regierungsbezirken Aachen und Koblenz gelegenen beschränkt, wovon 1818—1820 für nahezu 5 Millionen Mark verkauft wurden. In Bayern kamen damals ca. 4350 ha für 855 000 Mark zum Verkaufe.

Weit beträchtlicher hingegen waren die Staatswaldverkäufe in Frankreich, wo M. Mustel[17]) schon seit 1784 dieselben befürwortet hatte. Trotzdem daselbst schon während der Revolution so grosse Flächen konfiszierter Güter und Domainen zum Verkauf gelangt waren, wurden

infolge des Gesetzes vom 23. Sept. 1814	wieder	41 958 ha
„ „ „ „ 25. März 1817	„	121 957 „
„ „ „ „ 25. März 1831	„	116 780 „
und seitdem bis 1870		71 951 „
also von 1814—1870	in Summa	352 646 ha = 34,82 %

der jetzigen Staatswaldfläche und 4,19 % der Gesamtwaldfläche für den Betrag von ca. 306 1/2 Millionen Frcs. veräussert[18]).

Oesterreichs[19]) Staatsforstbesitz erfuhr in dem Zeitraume von 1800—1870

12) Sartorius „Abhandlung über die Elemente des Nationalreichtums". Göttingen 1808.

13) Jacob „Staatsfinanzwirtschaft". Halle 1821.

14) Krug „Betrachtungen über den Nationalreichtum des preuss. Staates". Berlin 1805.

15) Murhard „Ideen über wichtige Gegenstände der Nationalökonomie und Staatswirtschaft". Göttingen 1808.

16) Hazzi „Die echten Ansichten der Waldungen und Forsten". München 1808.

17) Mustel „Traité theorétique et pratique de la végétation. Paris 1784.

18) Nach dem Annuaire des Eaux et Forêts berechnet; seit 1870 finden keine Verkäufe mehr statt.

19) S. K. Schindler „Die Forste der in Verwaltung des k. k. Ackerbau-Ministeriums stehenden Staats- und Fondsgüter". Wien 1885. Hof- und Staatsdruckerei.

durch Verkäufe eine Verminderung um 833 731 ha = 131,52 % der jetzigen Staatswaldfläche und 9,73 % der Gesamtwaldfläche mit einem Verkaufswerte von 54 3/4 Millionen Gulden. Geographisch verteilten sich diese Verkäufe am stärksten auf Galizien, dann Böhmen, Steiermark, die Bukowina und Oberösterreich.

Hiezu kamen aber innerhalb desselben Zeitabschnittes 300 371 ha Religions- und Stiftungsfondsgüter, welche um 83 1/4 Millionen Gulden verkauft wurden. Das rasche Dahinschwinden der in Staatshänden befindlichen und unter seiner unmittelbaren Aufsicht stehenden österr. Domanial- und Fondsgüter, worunter weitaus die meisten Flächen Wälder waren, ergiebt sich schlagend aus folgender Zahlenreihe:

Im Jahre	1800	1835	1850	1860	1865	1870	1875	1880	1884
betrugen dieselben	13,1%	11,2%	7,1%	6,8%	6,5%	5,4%	4,5%	4,5%	4,5%

der gesamten Landesfläche Oesterreichs.

§ 7. Nicht minder wie in den Staatswaldungen, traten auch in vielen Gemeinde- und Körperschaftswäldern die Einwirkungen der Manchester-Doktrin hervor. Die irrige Anschauung, als ob auch die Waldwirtschaft im geteilten Privatbesitze mehr und besser produziere als im gemeinschaftlichen Besitze, welche eigentlich ein einziger vergleichender Blick auf den Zustand der Privat- und Gemeindewälder hätte beseitigen können, trieb in manchen Staaten dazu, ausgedehnte Korporationswälder gleich den Almenden aufzuteilen. Die hiedurch entstandenen kleinen und schmalen Streifen, in welche diese Waldungen zerfielen und die regellose Gemenglage aller Altersstufen führten meistens zum Ruin derselben und hatten als Endresultat ertraglose Oedflächen. Ziffermässige Daten lassen sich jedoch hiefür nicht geben, weil dieser Prozess sich meistens in den ersten beiden Dezennien des Jahrhunderts abwickelte, zum Teil aber noch heute fortdauert.

Dagegen ist es interessant, einen Blick auf die im normalen Laufe der ruhigen Entwicklung und unter Aufsicht des Staates sich vollziehenden Bewegungen im Waldstande zu werfen. Selbstverständlich können statistische Aufnahmen hierüber nur gemacht werden, wo eine gesetzliche Anzeigepflicht oder eine amtliche Genehmigung der Rodungen zu Recht besteht:

In Frankreich wurden gerodet[20])

	von Gemeinde- und Körperschaftswaldungen	von Privatwaldungen
Innerhalb d. Jahrzehent 1830—1839	118 166 ha	73 360 ha
„ „ 1840—1849	? „	88 796 „
„ „ 1850—1859	40 958 „	153 048 „
„ „ 1860—1869	4 188 „	110 895 „
„ „ 1870—1879	995 „	31 335 „
„ „ 1880—1889	515 „	11 687 „
„ „ 1890—1898	„	7 038 „
Sa.		476 150 ha
d. h. 5 1/2 Prozent der Gesamt-Waldfläche des Landes		
Jahresmittel		6 802 „

In Frankreich namentlich fielen weitaus die meisten Rodungen von Privatwäldern in die beiden Dezennien 1850—70 und die jahrgangweise Flächenaufzählung zeigt noch viel deutlicher einen Kulminationspunkt in den beiden Jahren 1855 mit 22 740 ha und 1856 mit 20 740 ha gegenüber einem Jahresmittel von nur 8454 ha. Gerade diese Jahrgänge waren aber in ganz Mitteleuropa bemerkenswert durch hohen Preisstand des Waizens, Roggens und der Kartoffeln, so dass begreiflicherweise die Tendenz zum Uebergang der momentan lohnenderen landwirtschaftlichen Benutzung der Flächen viel verbreiteter war, als im darauffolgenden Dezennium.

---

20) Nach dem Annuaire des Eaux et Forêts 1885 S. 62 und 1901 S. 287 berechnet.

In Bayern wurden gerodet

in den Regierungsbezirken	von Privaten				von Gemeinden und Genossenschaften			
	in den Jahren				in den Jahren			
	$18^{74}/_{79}$	$18^{80}/_{85}$	$18^{86}/_{91}$	$18^{92}/_{97}$	$18^{74}/_{79}$	$18^{80}/_{85}$	$18^{86}/_{91}$	$18^{92}/_{97}$
	Hektar							
Schwaben	579	311	220	124	70	13	12	80
Oberbayern	2075	1159	961	841	117	62	21	15
Niederbayern	2058	2214	1813	1333	3	22	5	—
Oberpfalz	333	242	195	233	46	18	61	48
Oberfranken	164	474	356	157	23	20	50	3
Mittelfranken	173	163	168	200	37	52	36	114
Unterfranken	48	50	22	27	112	139	62	57
Pfalz	356	150	63	80	73	21	140	79
Summa	5786	4763	3798	2995	481	347	387	396

50 539 ha = 2,01% der Waldfläche

In Bayern wurden neue Waldanlagen gemacht

in den Regierungsbezirken	von Privaten				von Gemeinden und Genossenschaften			
	in den Jahren				in den Jahren			
	$18^{74}/_{79}$	$18^{80}/_{85}$	$18^{86}/_{91}$	$18^{92}/_{97}$	$18^{74}/_{79}$	$18^{80}/_{85}$	$18^{86}/_{91}$	$18^{92}/_{97}$
	Hektar							
Schwaben	283	409	250	411	470	86	91	202
Oberbayern	318	285	400	415	192	133	6	106
Niederbayern	28	133	53	230	14	2	33	25
Oberpfalz	473	390	675	345	37	26	17	76
Oberfranken	655	615	508	810	201	77	117	111
Mittelfranken	1006	1107	865	809	68	60	138	48
Unterfranken	113	66	97	158	143	37	104	198
Pfalz	341	309	293	315	8	294	158	150
Summa	3217	3314	3141	3493	1133	715	664	916

34 343 ha

§ 8. Wirft man einen Blick auf die übrigen Länder Europas, so lässt sich zwar geschichtlich und statistisch die allmähliche Verdrängung des Waldes nicht überall gleich deutlich nachweisen, aber das Endresultat dieses Prozesses kann aus den Angaben über die Flächen- und Anbaustatistik mit einem ziemlichen Grade von Sicherheit angegeben werden. Hiebei ist es durchaus erklärlich, dass in jenen Ländern, deren Kulturentwicklung um ein Jahrtausend oder mehr über jene Deutschlands zurückreicht, die dem Fortbestande der Wälder schädlichen Einflüsse sich mehr summiert haben. So hat namentlich in den Mittelmeerländern derselbe Kampf gegen den Wald im Namen der Kultur, der sich bei uns vom achten bis vierzehnten Jahrhundert abspielte, schon im Zeitalter Homers stattgefunden.

Gerade aus diesem Zeitalter erhalten wir aber interessante Aufschlüsse über die Wirkung der mythologischen und religiösen Vorstellungen des griechischen Altertums auf die Erhaltung der Wälder, worüber der griechische Generalforstinspektor Dr. N. Chloros in Baurs Monatsheften Jahrgang 1885 Heft 1 Nachricht gegeben hat. Homer bezeichnet die Gebirgswaldungen als „Wohnsitze der Götter (*τεμένη ἀθανάτων*), in welchen niemals die Sterblichen die Bäume mit dem Eisen (Axt) fällen, sondern wo die schönen Stämme vor Alter zu Boden fallen, wenn die Zeit ihres Todes gekommen ist.“

In der Ebene und namentlich in der Nähe der Städte waren Haine (*ἄλση*) den Göttern geweiht, von welchen sowohl Pausanias als Strabo und andere Schriftsteller eine beträchtliche Anzahl aufführen. Nicht minder hat aber auch die Lehre von den Baum- und Waldnymphen (*Δρύαδες, Δενδρίτιδες, Αὐλωνιάδες, Ναπαῖαι*), welche aus den Bäumen, oder gleichzeitig mit diesen entstehen und vergehen sollten, die deutlich ausgesprochene Ten-

denz, Schonung für die Baumvegetation gegen frevelhafte Zerstörung durch Menschenhand zu erzielen. Dabei ist besonders interessant, den geheimnisvollen Zusammenhang zwischen den Wald- und Quellnymphen zu betrachten, wie ihn Homer im Hymnus an Ceres durch die Worte andeutet: „Die Nymphen freuen sich, wenn der Regen die Eichen wachsen lässt, sie weinen aber, wenn die Eichen keine Blätter mehr haben“ — entstehen ja doch nach Homers Ansicht (Odyss. X. 350) die Nymphen aus den Quellen und heiligen Hainen. So deutet also der Mythus den Zusammenhang von Wald und Quellen durch Personifikation der letzteren als Nymphen an. In ähnlichem Sinne ist auch die Sage von Erichthonius zu deuten, der (nach Ovid Metam. VIII. 738—878) im Haine der Ceres eine heilige Eiche fällt, worauf alle Dryaden die Ceres um Bestrafung des Frevlers bitten. Letztere sendet daraufhin eine Bergnymphe nach dem eisigen Kaukasus, um von dort die Hungersnot zu holen, welche sofort im Leibe des Erichthonios Platz nimmt, bis er an unersättlichem Hunger zu Grunde geht. Stellt dieser Mythus nicht unverkennbar den Zusammenhang der Entwaldungen mit dem Verschwinden der Landwirtschaft und der darauffolgenden Hungersnot in den Gebirgen Griechenlands dar? Die Vermutung, dass diese altgriechischen Mythen in der That eine Schonung der Wälder gegen Devastation mittelst religiöser Vorstellungen bezwecken wollten, gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, als auch die jetzigen Bewohner Akarnaniens noch im XIX. Jahrhundert eine religiöse Weihe der Schutzwaldungen (*χουρία*) dadurch vornahmen, dass von dem Geistlichen vor versammelter Gemeinde ein Stück geweihtes Brot (*ὕψωμα* = Hostie) in ein Bohrloch des grössten Stammes verschlossen wurde, wodurch der Wald als „gebannt“ anerkannt war. Vielleicht schliesst sich aber auch dieser Gebrauch der christlichen Kirche an die theokratischen Einrichtungen der mosaischen Gesetzgebung an, denn im Deuteronomium XX. 5. 19 heisst es, dass Gott verboten habe, fruchttragende Bäume abzuhauen, mit denselben gleichsam Krieg zu führen, da doch das Holz auf dem Felde nicht ein Mensch ist, der sich wehren kann.

Schon im IV. Jahrhundert vor Chr. war in Attika der Wald auf die Gebirge zurückgedrängt und Aristoteles hebt in seiner Politik bereits hervor, dass ein gesicherter Bezug von Holz aus der Nähe zu den Existenzbedingungen einer Stadt gehöre, weshalb diese Wälder zu erhalten seien. Analog finden wir in Rom den Schutz des Waldes gegen unberechtigte Eingriffe Dritter bereits in den Zwölftafel-Gesetzen ausgesprochen[21]), während Cicero[22]) es als eine besonders schimpfliche und das öffentliche Interesse gefährdende Handlung hinstellt, wenn sich Jemand an grossen „Waldabschlachtungen“ betheiligt.

„Von der Obrigkeit“ sagt er, „muss alles geschehen, um die Vermehrung des Holzes zu begünstigen und dagegen alles aus dem Wege geräumt werden, was daran hindert.“

Dass im römischen Reiche die Gutsbesitzer teilweise schon regelmässige Holzzucht trieben, ersieht man aus den landwirtschaftlichen Schriftstellern Cato und Columella, von denen ersterer eine genaue Anleitung für Anlage von Eichelsaatkämpen giebt. In Italien bestanden aber auch schon in sehr früher Zeit des Mittelalters Prohibitiv-Gesetze, welche einen Schutz der Gebirgswaldungen bezweckten[23]); so ist namentlich ein Gesetz der Republik Florenz bemerkenswert, das die Waldausrodung in den Hochlagen der Apenninen und zwar 1 Meile vom Gipfel abwärts verbietet. Als Folge dieser Bannlegung war der Scheitel des Apennin noch bis zur Mitte des XVIII. Jahrhunderts mit Wald bedeckt, während nach Aufhebung dieses alten Gesetzes durch Grossherzog Leopold I. von Toskana die Entwaldung der florentinischen Apenninen reissende Fortschritte machte.

Auch die Republik Venedig wirtschaftete lange Zeit konservativ in ihren Forsten[24]),

---

21) Plinius „Historia natural.“ lib. 17. c. 1. „ut qui injuria cecidisset arbores alienas, lueret in singulas siclos aeris“.

22) Oratio 2. Philipp.

23) Näheres hierüber von de Gori im ersten Artikel der „forstl. Rundschau Italiens von Maffei.

24) S. A. di Berenger „Dell' assoluta influenza delle foreste sulla temperatura“.

bis seit dem Anfang des XVII. Jahrhunderts die Waldbenützung daselbst einen zerstörenden Charakter annahm, wo auch die Genueser hauptsächlich für Schiffbauzwecke den Apennin rücksichtslos ausbeuteten und die Gipfel ihrer benachbarten Berge in Steinwüsten verwandelten.

Ausser den grossen historischen Ereignissen haben in Italien, noch mehr aber in Griechenland und Kleinasien kleine, wenig beachtete Ursachen an der auffallenden Wälderzerstörung mitgearbeitet. Hiezu gehört namentlich die allgemein verbreitete, dem Holzwuchs so überaus schädliche Ziegenweide und die wahrhaft fanatische Zerstörungswut der Hirten, welche durch das Abbrennen der Bäume und Sträucher eine rasch vorübergehende Grasvegetation erzielen wollen.

Eine ganz ähnliche Ursache der Entwaldung liegt in Spanien in den umherziehenden Merinoherden, welche teils durch unmittelbare Zerstörung jeden Holzwuchses, teils durch Verhinderung der Verjüngung die Gebirge an vielen Orten so entblösst haben, dass nur Heide, Lavendel und Rosmarin darauf fortkommen.

Von England erzählen zwar die Historiker, dass zur Zeit der normannischen Eroberung 69 Forste gezählt worden seien und Wilhelm der Eroberer habe sogar 30 Dörfer zerstören lassen, bloss um seine Wildbahn zu vergrössern, aber die Vernichtung der Wälder fand fast nirgends so rasch und ausgedehnt statt als in Grossbritannien. Schon unter Jakob I. (1603—25) wurde die Umwandlung von Wald in Feld durch ein Prämiensystem begünstigt, noch mehr aber bewirkte die Agrarpolitik Cromwells und die Aufhebung des forest courts sowie der Charta de foresta das Verschwinden der Wälder, an deren Stelle aber nicht immer der Ackerbau, sondern oft die ertraglose Heide trat. In Schottland wurden schon im XIV. Jahrhundert in den Kämpfen mit Rob. Wallace und Rob. Brouce die Waldungen in grossem Massstabe verwüstet — soll doch Jean von Lancaster 24000 Mann zum Niederhauen der Wälder verwendet haben! — wie auch Monk 1654 den Wald von Aberfoyle vernichten liess. Aber gleichwohl datieren die umfangreichsten Devastierungen der schottischen Berge aus den beiden letzten Jahrhunderten, während Irland seinen Wälderschmuck, der ihm den Namen green Erin verschafft hatte, seit dem Anfang des XVII. Jahrhunderts allmählich einbüsste. Diese kurzen Andeutungen mögen genügen, um die Zahlen, welche uns die gegenwärtige Verteilung der Bewaldung in verschiedenen europäischen Ländern bietet, anschaulich zu machen, denn jede dieser Ziffern erzählt uns von jahrhundertelangen Kämpfen um die Existenz des Waldes, in welchen bald die erhaltenden, bald die zerstörenden Kräfte die Oberhand gewannen. Denn was Riehl[25]) von Deutschland schreibt, gilt oder galt früher auch für die übrigen europäischen Länder:

> „Bei jeder entscheidenden Volksbewegung wird sogleich dem Walde der Prozess gemacht. Ein grosser Teil der Bauern lebt in steter geheimer Fehde mit den Herren des Waldes und ihren Gerechtsamen; zündet ein Revolutionsfunke, dann entbrennt bei diesen Leuten vor allem „der Krieg um den Wald“ . . . Siegt dann die Staatsgewalt wieder über die empörten Massen, so hat sie allemale nichts Eiligeres zu tun, als den Prozess, welchen man dem Wald gemacht, wieder aufzuheben, die Schutzbriefe des Waldes, welche man zerrissen, wieder in Kraft zu setzen.“

§ 9. Bei der Betrachtung der gegenwärtigen Bewaldungsverhältnisse der europäischen Staaten ist zu bedenken, dass schon wegen der natürlichen Waldgrenzen, wie sie durch die klimatischen Anforderungen der verschiedenen Baumarten in horizontaler und vertikaler Richtung gezogen sind, manche Gebiete unfähig sind, überhaupt Wälder zu tragen. Die menschliche Tätigkeit, wie wir sie im vorstehenden kennen gelernt haben, hat daher nur modifizierend in die von der Natur selbst gezogenen Grenzen

---

25) W. Riehl „Land und Leute“. I. Feld und Wald.

eingegriffen, so dass wir die jetzige Verteilung der Wälder als das Resultat beider Einflüsse: der naturgesetzlichen Existenzbedingungen und der Einwirkung des Menschen aufzufassen haben.

Die natürlichen Ursachen, welche die geographische Verbreitung der Baumarten bedingen, sind aber teils klimatischer Art, teils hängen sie mit der Bodenbeschaffenheit zusammen. Nur ein solches Klima kann überhaupt noch ein Baumleben aufkommen lassen, bei welchem die Länge der Vegetationszeit und die Wärmeintensität des Sommers zur Ausbildung eines Holzkörpers aus den Assimilationsprodukten hinreichend sind. Für unsere genügsamsten Holzarten ist das Minimum ihrer Ansprüche eine dreimonatliche Dauer der Vegetationsperiode und eine Mitteltemperatur des Sommers von 12—14° C., während andererseits die Minima der winterlichen Temperatur für viele Holzarten eine Grenze der Verbreitung ziehen. Die Polargrenze vieler Holzarten schliesst daher weite Gebiete von Skandinavien und Russland aus, indem z. B.

die Kiefer	in Skandinavien bis zum 68—70.° n. B.,	in Russland bis	64.°
die Fichte	„ „ „ „ 67—71.° „ „	„ „ „	54.°
die Buche	„ „ „ „ 60.° „ „	„ „ „	50—52.°
die Eiche (q. pedunc.)	„ „ „ „ 63.° „ „	„ „ „	63.°
die Weisstanne in Deutschland	„ „ 49—52.° „ „	„ „ „	50.°

ihre Verbreitungsgrenze erreichen[26]).

In analoger Weise äussert in den Gebirgen die vertikale Erhebung über dem Niveau des Meeres wegen der damit verbundenen Temperaturabnahme einen wichtigen Einfluss auf die Verteilung der Baumarten nach „Regionen“ und veranlasst deutlich ausgeprägte Baumgrenzen für die einzelnen Holzarten. So geht z. B. die Buche

in der Ostschweiz	nicht über 1494 m,
in den bayerischen Alpen	„ „ 1460 „
im schweizerischen Jura	„ „ 1200 „
im bayrisch-böhmischen Grenzgebirge	„ „ 1260 „
im Schwarzwald	„ „ 1235 „
in den Karpathen	„ „ 1283 „

während die Fichtengrenze in den bayr. Kalkalpen bei 1860 m, im Böhmerwalde bei 1460 m, jene der Lärche in den bayr. Alpen bei 1890 m, jene der Zirbelkiefer bei 1925 m liegt und der Baumwuchs daselbst mit der Legföhre bei 2140 m überhaupt ganz aufhört. Alles gebirgige Terrain, das über diese Regionen hinausragt, ist daher von Natur aus von der Bewaldung ausgeschlossen, so dass notwendigerweise die Länder der Zentralalpen beträchtliche Flächen ertraglosen Gebietes aufweisen und dadurch kleinere Prozentzahlen der Waldflächen zeigen müssen als die Länder der Ebene und der Mittelgebirge.

Nach Süden hin bestimmt aber hauptsächlich die Menge und Regelmässigkeit der atmosphärischen Niederschläge die Grenze des Verbreitungsgebietes einer Baumart. Die regenlosen Perioden während der Vegetationszeit dürfen nicht länger sein, als dass der Boden seinen für die Baumwurzeln erforderlichen Feuchtigkeitsgrad zu bewahren vermag, wird z. B. die Grenze überschritten, wo weniger als 6—8 Regentage durchschnittlich in einem der Sommermonate vorkommen, so bereitet die Sommerdürre der Ausbreitung der Waldvegetation eine natürliehe Schranke und es treten dann die Steppen Südrusslands und die Pusten Ungarns als herrschend auf. Dagegen gestattet innerhalb

---

26) Näheres hierüber in A. Grisebach „Die Vegetation der Erde“. Leipzig 1884. W. Engelmann.

der klimatischen Grenzen des Waldgebietes häufig auf beträchtlichen Strecken die ungünstige Beschaffenheit des Bodens den Calluna- und Erica-Arten günstigere Entwicklungsbedingungen als der Baumvegetation, weshalb wir in den sandigen Niederungen wie auf den moorigen Torfböden der Ebenen und Hochlagen ausgedehnte Heiden, Filze und Hochmoore verbreitet finden, deren Flächen häufig als ertraglose Oedungen ausgeschieden werden müssen[27]).

§ 10. Nach den neuesten und verlässigsten Angaben beträgt die gesamte Waldfläche ohne Ausscheidung nach Besitzverhältnissen in den europäischen Staaten folgende Hektarzahl, welche in Prozenten der ganzen Landesflächen ausgedrückt die sog. Bewaldungsziffer ergiebt:

Staaten und Landesteile	Ges. Waldfläche	Bewaldungsziffer von der Landesfläche	Auf den Kopf der Einwohnerschaft trifft eine Waldfläche[29]) von
	ha	%	ha
Deutsches Reich[28])	**13 956 827**	**25,8**	**0,27**
näml. Kgr. Preussen	8 192 505	23,5	0,26
„ Bayern	2 508 088	33,1	0,43
„ Württemberg	599 853	30,8	0,29
„ Sachsen	387 729	26,0	0,10
Grosshzgt. Baden	566 159	37,5	0,33
Elsass-Lothringen	442 998	30,5	0,27
Grosshzgt. Hessen	240 706	31,3	0,23
„ Mecklenb.-Schwerin	233 681	17,8	0,39
„ „ Strelitz	61 010	20,8	0,60
„ Sachsen-Weimar	92 567	25,6	0,27
„ Oldenburg	67 852	10,6	0,18
Braunschweig	108 648	29,9	0,25
Sachsen-Meiningen	103 497	41,9	0,44
„ Altenburg	36 106	27,3	0,20
„ Coburg-Gotha	58 739	30,0	0,27
Anhalt	57 015	24,9	0,19
Waldeck	42 992	38,4	0,74
Schwarzbg.-Sondershausen	26 354	30,6	0,34
„ Rudolstadt	41 626	44,1	0,41
Reuss ä. L.	11 414	36,1	0,17
Reuss j. L.	31 132	37,7	0,24
Schaumburg-Lippe	7 102	20,9	0,17
Lippe	32 978	27,2	0,24
Lübeck	4 008	13,4	0,05
Hamburg	1 716	4,2	0,00
Bremen	352	1,4	0,00
Oesterreich. A Cisleithanien[30])	**9 709 620**	**32,3**	**0,41**
näml. Oberösterreich	407 758	34,0	0,52
Niederösterreich	681 495	34,2	0,26
Salzburg	231 889	32,4	1,33
Tirol mit Vorarlberg	1 108 576	37,7	1,19
Steiermark	1 073 937	48,0	0,84
Kärnten	456 871	44,2	1,27
Krain	442 309	44,4	0,89
Küstenland	230 779	29,3	0,33
Dalmatien	382 643	29,7	0,73
Böhmen	1 507 325	29,0	0,26
Mähren	609 993	27,4	0,27
Schlesien	174 110	33,8	0,29
Galizien	1 954 068	25,7	0,30
Bukowina	447 867	43,1	0,69

27) Hierüber Näheres in Borggreve „Haide und Wald". Berlin 1875.

28) S. „Beiträge zur Forststatistik des Deutschen Reiches" bearbeitet vom Kaiserl. statist. Amt. Berlin 1894. Puttkammer u. Mühlbrecht.

29) Nach dem Statistischen Jahrbuche des k. k. Ackerbau-Ministeriums für 1895 und der Volkszählung von 1890.

§ 11. Die nachstehenden statistischen Zahlen schildern das Territorium, welches der Forstwirtschaft der Gegenwart zur Verfügung steht; es folgt hieraus, dass die einzelnen Länder in sehr ungleichem Masse mit Wald versehen sind, indem begreiflicherweise Gebirgsländer grössere Waldflächen enthalten als das Tiefland, schwach bevölkerte Gebiete mehr als dicht bevölkerte, neu besiedelte mehr als die seit Jahrtausenden der Kultur erschlossenen. Im allgemeinen finden wir den Wald mehr und mehr auf die zu keiner anderen Kultur tauglichen Böden zurückgedrängt und im Durchschnitte ganzer Länder gehören (wie in einem späteren § nachgewiesen wird) die Waldflächen meistens der III., IV. und V. Standortsklasse an. Es dürfte deshalb von Interesse sein, einen Blick auf die Wälderverteilung nach Höhenregionen zu werfen, wie

Von der gesamten Waldfläche sind im Besitze				
des Staates und der Krone	der Stiftungen und sonstiger Fonds (Religions- u. Kirchen)	der Gemeinden	der Genossenschaften	der Privaten
		folgende Prozente		
32,9	**1,3**	**15,6**	**2,8**	**47,5**
30,9	1,0	12,5	2,7	52,9
34,8	1,7	12,6	1,8	49,1
32,4	2,3	29,5	1,3	34,5
43,6	2,1	5,6	0,2	48,5
18,2	2,4	45,0	0,4	33,4
34,2	0,6	44,8	—	—
29,2	0,3	36,9	0,9	33,3
46,4	5,3	9,4	—	38,9
68,9	0,3	—	—	30,8
46,7	1,5	16,3	5,0	30,5
34,9	1,0	10,5	—	53,6
73,3	0,2	1,5	15,3	9,7
41,4	0,7	22,6	9,0	26,3
47,9	1,6	2,3	1,4	46,8
64,7	0,5	11,3	6,0	17,5
74,8	0,4	2,2	0,1	22,5
62,9	0,6	22,5	1,6	12,4
64,0	0,9	11,3	10,7	13,1
47,0	1,0	10,8	3,6	37,6
37,7	—	3,1	—	59,2
53,3	1,2	2,4	—	43,1
91,8	—	1,3	—	6,9
53,5	0,4	9,3	1,1	35,7
71,6	12,1	0,2	—	16,1
65,4	—	4,4	—	30,2
15,7	—	8,7	—	75,6
6,5	**7,1**	**14,9**	**0,2**	**71,3**
13,8	12,1	0,9	—	73,2
4,1	6,1	4,8	—	85,0
57,9[30]	0,5	4.3	—	37,3
10,2	1,0	53,6	—	35,2
5,3	7,9	3,9	1,4	82,4
3,1	6,0	3,7	—	87,1
2,5	1,0	9,3	—	87,2
5,6	1,7	37,0	—	55,7
0,8	1,9	59,0	—	38,3
0,4	4,7	12,2	—	82,7
—	8,8	8,4	—	82,8
—	25,7	4,4	—	69,9
10,3	4,0	5,5	—	80,2
0,3	50,8	13,5	—	35,4

30) Darunter 5 % kgl. bayerische Staatsforste.

Staaten und Landesteile	Ges. Waldfläche	Bewaldungsziffer von der Landesfläche	Auf den Kopf der Einwohnerschaft trifft eine Waldfläche von
B. **Ungarn**[32]) Transleithanien) .	**9 074 121** ha	**27,9%**	**0,52** „
näml. das eigentliche Ungarn .	7 543 679 „	26,7 „	
Croatien und Slavonien .	1 530 442 „	36,0 „	
Sa. Oesterreich-Ungarn . .	**18 783 741** „	**30,09** „	**0,415** „
Schweiz[33])	**781 984** „	**19,29** „	**0,28** „
dagegen von der produktiven Bodenfläche		27,21 „)	
Frankreich im Jahr 1881[34])	**8 397 131** „	**15,89** „	**0.23** „
Von den einzelnen Departements[35]) haben 2 über		40%	
„ „ „ „ „ 8 zwischen		30—40%	
„ „ „ „ „ 17 zwischen		20—30%	
„ „ „ „ „ 42 zwischen		10—20%	
„ „ „ „ „ 18 zwischen		2—10%	
Italien[36])	5 760 720 ha	22,0%	0,20 ha
Spanien[36])	8 637 715 „	16,9 „	0,52 „
Portugal[36])	471 830 „	5,1 „	0,10 „
Griechenland[37]) u. [38]) . .	820 000 „	15,8 „	0,49 „
Türkei[39])	8 300 923 „	22,2 „	1,43 „
(hierin sind noch inbegriffen die Waldflächen von Bulgarien mit 3 041 126 ha - 30% der Landesfläche[40]), sowie jene von Bosnien und der Herzogowina)			
Rumänien[41])	2 774 048 ha	23,0%	0,51 „
Serbien[40])	2 090 592 „	48,0 „	1,35 „
Grossbritannien[46])	1 261 872 „	4,1 „	0,03 „
Belgien[46])	202 997 „	6,9 „	0,04 „
Niederlande[42])	224 384 „	7,0 „	0,05 „
Dänemark[43])	185 744 „	3,4 „	0,10 „
Schweden[43])	17 358 172 „	34,1 „	3,82 „
Norwegen[43]) südlich des Polarkreises)	7 762 100 „	31,5 „	4,31 „
Europ. Russland[44]) ohne Finnland)	181 228 000 „	36,0 „	1,87 „
Grossfürstent. Finland[45]) .	20 732 880 „	56,0 „	10,52 „
Europas Waldfläche . . .	**299 730 956** ha	**31,5%**	**1,01** ha

31) Nach K. Schindler „Die Forste der in Verwaltung des Ackerbau-Ministeriums stehenden Staats- und Fondsgüter. Wien 1885. (Nach den definitiven Resultaten der neuen Grundsteuerregulierung.)

32) Nach A. Bedö „Die wirtschaftliche und kommerzielle Beschreibung der Wälder des ungarischen Staates. Budapest 1885. Herausgeg. vom k. ung. Ministerium für Ackerbau etc.

33) Nach den amtl. Angaben der Forstverwaltung bei der Züricher Landesausstellung 1883. S. Spezial-Katalog derselben. Die Bewaldungsziffer der einzelnen Kantone ist: Zürich 28,57%, Bern 21,19%, Luzern 20,17%, Uri 9,79%, Schwyz 18,85%, Unterwalden ob. 23,88%, Nidw. 23,88%, Glarus 18,03%, Zug 13,79%, Freiburg 16,94%, Solothurn 36,34%, Basel-Land 34,38%, Schaffhausen 38,17%, Appenzell A. R. 18,37%, St. Gallen 17,37%, Graubünden 13,50%, Aargau 30,19%, Thurgau 21,38%, Tessin 19,78%, Waadt 26,52%, Wallis 12,07%, Neuenburg 24,10%, Genf 10,25%.

34) Nach dem Annuaire des Eaux et Forêts. 1901.

35) Nach der Statistique Forestière. Paris 1878. Imp. nationale

36) Nach Leo „Forststatistik“ dagegen giebt Prof. Marchet Italiens Forstfläche auf 5 025 983 ha = 16,02% an.

37) Prof. Marchet giebt Griechenlands Forstfläche auf 945 487 ha = 18,0% an.

38) Nach Dr. N. Chloros „Waldverhältnisse Griechenlands“. München 1884.

39) Nach der „Statistique forestière“. Paris. dagegen giebt Prof. Marchet die Forstfläche der Türkei auf 5 417 418 ha = 14,0% an.

40) Nach F. X. Kestercanek „Die forstl. Verhältnisse Bulgariens“. Oesterr. Forstz. 1884. S. 140, sowie von Demselben „Die forstl. Verhältnisse Serbiens“. Oesterr. Forst. 1883. S. 42.

41) Nach „Notices sur les forêts du Royaume de Roumanie“. Bukarest 1900.

Von der gesamten Waldfläche sind im Besitze

	des Staates und der Krone	der Stiftungen und sonstiger Fonds (Religions- und Kirchen)	der Gemeinden	der Genossenschaften	der Privaten
		folgende Prozente			
B. Ungarn (Transleithanien)	**16,0**	**6,6**	**18,5**	**17,7**	**41,3**
nämlich eigentl. Ungarn	15,3	7,4	20,1	12,9	44,3
Croatien und Slavonien .	19,1	2,4	10,4	41,4	26,6
	11,16	**4,63**	**84,21** (Gemeinden, Genossenschaften und Privaten zusammen)		
(Schweiz)	4,19[46]	66,45 (Fonds, Gemeinden und Genossenschaften zusammen)			29,36
(Frankreich)	10,70	0,35	22,50		66,45

2 über 40% Staatswald, 12 über 50% Gemeindewald
14 zwischen 20—30% „ 16 zwischen 20—50% „
18 „ 10—20% „ 13 „ 10—20% „
41 „ 1—10% „ 35 „ 0—10% „
12 gar keinen „ 11 „ gar keinen „

	des Staates und der Krone	der Stiftungen und sonstiger Fonds	der Gemeinden	der Genossenschaften	der Privaten
(Italien)	3,8	43,0			53,8
(Spanien)	82,2[47]				17,8
(Ueber Portugal fehlen diese Angaben.)					
(Griechenland)	80,0[48]				20,0
(Rumänien)	41,7	4,6			53,7
Ueber diese Länder waren genauere Angaben bezügl. der Besitz-Kategorien nicht zu erhalten.					
(Schweden)	19,9		80,1 (Gemeinden, Genossenschaften und Privaten zusammen)		
(Norwegen[49])	12,52	2,66	84,8 (Gemeinden, Genossenschaften und Privaten zusammen)		
(europ. Russland)	60,3				29,7
(Grossherzogt. Finnland)	71,1				18,9

sie statistisch in mehreren Staaten verzeichnet und in der Tabelle auf S. 20 zusammengestellt ist.

Hiernach gehören dem Hochgebirge mit über 600 m absoluter Höhe in Oesterreich 81,5% der ganzen Staatswaldfläche (incl. Fondsforste), in Ungarn 57,3%, in Frankreich 35,26% der Staatsforste und 24,33% der Privatwälder, während dem Mittelgebirge in Oesterreich 15,5%, in Ungarn 28,0%, in Frankreich 47,55% der Staatsforste und 31,06% der Privatwälder zufallen.

Im deutschen Reiche ist die Verteilung des Waldes (nach Bernhardt) beiläufig folgende:

dem süddeutschen Gebirgslande und den Alpen gehören an 30%
dem mitteldeutschen Berg- und Hügellande „ „ 28%
dem nordostdeutschen Binnenflachlande „ „ 10%

42) Nach dem Bericht des holländischen Ministeriums für Volkswirtschaft, Handel und Industrie von 1883.

43) Nach Dr. O. Broch „Le royaume de Norvègien. Christiania 1876.

44) Nach den Beiträgen zur Statistik der Forsten des europ. Russlands von K. Henke. 1888.

45) Nach Konsul Lamezan im XXIV. Jahrg. d. Ztsch. des k. preuss. statistischen Bureaus 1884.

46) Den absolut grössten Staatswaldbesitz hat der Kanton Bern mit 11 715 ha = 8,11%, den relativ grössten Schaffhausen mit 1876 ha = 16,70% der ganzen Waldfläche. Gar keinen Staatswald haben die Kantone Uri, Schwyz, Unterwalden, Glarus, Zug, Basel, Tessin, Graubünden, Wallis, Genf.

47) Nach den früheren Veröffentlichungen des span. Ministeriums beträgt die Staatswaldfläche 7 105 372 ha (Oesterr. F.Z. 1886. S. 68). Jedoch scheinen hierunter alle unter staatlicher Aufsicht stehenden Fondsforste mit begriffen zu sein.

48) Nach Dr. N. Chloros beträgt die griechische Staatswaldfläche 656 000 ha.

49) Nach dem amtl. Berichte der norwegischen Forstverwaltung pro 1875.

Uebersicht über die Verteilung der Wälder nach Höhenregionen.

Regionen von einer Meereshöhe	In Oesterreich[50]			In Württembergs Staatsforsten		In Frankreich	
	Staats-forste	Fonds-forste	Zu-sammen	Laubholz	Nadelholz	Staatsforste u. Stiftungs-waldungen	Pri-vat-wälder
1—300 m	2,8 %	3,4 %	3,0 %	6 %	—	17,19	**44,61**
300—400 „				15 „	7 %	**34,41**	19,32
400—500 „	14,0 „	19,2 „	15,5 „	22 „	**32** „	13,14	11,74
500—600 „				21 „	25 „		
600—700 „				**23** „	18 „	6,01	7,20
700—800 „				12 „	11 „		
800—900 „	23,1 „	31,7 „	25,6 „	1 „	6 „	7,00	11,78
900—1000 „					1 „		
1000—1200 „	**41,7** „	**41,3** „	**41,6** „			6,21	3,31
1200—1400 „						7,80	1,64
1400—1600 „						3,90	0,31
1600—1800 „						2,00	0,07
1800—2000 „	18,3 „	4,4 „	14,3 „			1,62	0,01
2000—2200 „						0,61	—
über 2200 „						0,11	0,01
	100,0	100,0	100,0	100	100	100,00	100,00

dem norddeutschen Berg und Binnenflachlande gehören an 15%
dem norddeutschen Tieflande „ „ 17%

Schon hieraus lässt sich ersehen, dass die Zurückdrängung der Waldflächen auf jene Standorte, wo keine intensivere Bodenbenutzung als die Waldwirtschaft möglich ist, im Grossen und Ganzen sich bereits vollzogen hat und dass nur die starke Nachfrage nach Holz bei mangelndem anderweitigem Ersatze in ausgedehnten Tieflagen und landwirtschaftlichen Distrikten die stellenweise Erhaltung der Bewaldung ermöglicht hat. Uebrigens ist das Problem der zweckmässigsten und rationellsten Verteilung der verschiedenen Kulturarten und Formen der Bodenbenutzung noch keineswegs abgeschlossen, sondern es vollzieht sich, wie die Ziffern für Rodungen und Wiederaufforstungen zeigen, im freien wirtschaftlichen Verkehr ebenso wie unter der staatlichen Kontrolle eine unausgesetzte Bewegung in den Verschiebungen der Grenzen der einzelnen Kulturarten. Die wirkenden Ursachen hievon liegen teils in der Bodenerschöpfung und unzureichenden Düngung bei sinkenden Getreidepreisen, hohen Löhnen und steigendem Holzpreise, welche zusammen die Wiederaufforstungen begünstigen, teils in der Bevölkerungszunahme, steigenden Preisen landwirtschaftlicher Produkte, Ausdehnung der Viehweide, welche zusammen zu Rodungen und zum Uebergang zu arbeitsintensiveren Betrieben anreizen. Die fortwährenden Preisänderungen lassen daher dem rechnenden Landwirt bald das eine bald das andere rentabler erscheinen, wenn es sich um Flächen handelt, deren Benutzungsart zweifelhaft ist.

Die Bedeutung der Wälder für das öffentliche Wohl und die staatswirtschaftlichen Gesichtspunkte der Forstwirtschaft.

Rauch „Régéneration de la nature végétale“. Paris 1818. Moreau de Jonnés „Memoires sur le déboisement des forêts“. Bruxelles 1825. Ins Deutsche übersetzt von Widenmann. Zwierlein, C. A. „Vom grossen Einfluss der Waldungen auf Kultur und

50) Oesterreich ist hier als Cisleithanien gemeint; hingegen ist in den zur Krone Ungarn gehörigen Ländern die Wälderverteilung folgende:

Dem Hochgebirge (über 600 m Seehöhe) gehören 57,3% der Waldflächen
„ Mittelgebirge (200—600 m „) „ 28,0% „ „
der Ebene und der Hügellande „ 14,7% „ „ an.

Beglückung der Staaten". Würzburg 1807. Stahel. v. Schultes. G. F Chr. „Der neue Sylvan". Vorlesungen über den Einfluss der Wälder auf die Nationalökonomie etc. Ilmenau 1832. Voigt. Hundeshagen, J. Chr. „Ueber den Einfluss der Wälder auf das Klima und die Länder". Beiträge zur gesamten Forstwissenschaft III 1. S. 92. v. Pannewitz unter gleichem Titel in den Verhandlungen des schles. Forstvereins 1859. Lange „Welchen Einfluss hat das Ausroden der Waldungen auf das Klima und auf die Vegetation einer Gegend". Altenburg 1837. v. Baumer. „Betrachtungen über die Abnahme der Waldungen, die Ursachen und Folgen derselben und die Mittel, denselben Einhalt zu tun". Nördlingen 1846. Krutzsch, H., „Ueber den Einfluss der Waldungen auf die Regenverhältnisse in der gemässigten Zone". Tharander Jahrbuch 1855, S. 123. Rossmässler, A. „Der Wald". 1861. Leipzig und Heidelberg. Winter. Becquerel, A. C. „Mémoire sur les forêts et leur influence climaterique". Paris 1866. Becquerel, Edm. „Mémoire sur la temperature de l'air sous bois et hors des bois". Comptes rend. 1869, Nr. 12. Beck, O. „Die Waldschutzfrage in Preussen". Berlin 1860. Nördlinger, H. Dr. „Der Einfluss des Waldes auf die Temperatur". Krit. Bl. 1862. Mayr, Gg. „Einfluss der Wälder auf Klima und Bodenbeschaffenheit". Krit. Bl. 1863. Bd. 46, S. 41. Floreno, H., „Sull' importanza del mantenimento dei boschi et sul vero regimento della loro amministrazione". Catania 1862. Rentzsch, H. Dr. „Der Wald im Haushalte der Natur und der Volkswirtschaft". Leipzig 1862. Smoler, M. Dr. „Der Wald in seinen Beziehungen zur Meteorologie und Hygiene". Smol. Vereinsschrift 1863. Gomont, M. „De l'influence des forêts sur le climat, le sol et les eaux". Paris 1866. Contzen, H. Dr. „Einfluss des Waldes auf Klima, Kultur etc." Leipzig 1868. Derselbe „Forstliche Zeitfragen". Leipzig 1870. Ney, E. „Die natürliche Bestimmung des Waldes und die Streunutzung". Dürkheim 1869. v. Baur, F. Dr. „Der Wald und seine Bodendecke". 1869. Monographie. Rivoli „Der Einfluss der Wälder auf die Temperatur der untersten Luftschichten". Posen 1869. Landolt „Der Wald im Haushalt der Natur und der Menschen". Zürich 1870. Schleiden „Für Baum und Wald". Leipzig 1870. v. Löffelholz-Colberg, F. Frhr. „Die Bedeutung und Wichtigkeit des Waldes etc." Leipzig 1872. H. Schmidt. Ebermayer, E. Dr. „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden". Aschaffenburg 1873. Lorenz J. Ritter von Liburnau, Dr. „Wald, Klima und Wasser". München 1873. Purkyne, E. Dr. „Ueber die Wald- und Wasserfrage". Oesterr. Monatsschr. 1876, S. 136. P. Demontzey „Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes". Paris 1882. In deutscher Bearbeitung von Dr. A. Frhr. v. Seckendrff. Nördlinger, Theod. Dr. „Der Einfluss des Waldes auf die Luft- und Bodenwärme". Berlin 1885. E. Ney „Der Wald und die Quellen" Tübingen 1894. F. Pietzcker. H. E. Hamberg „De l'influence des forêts sur le climat de Suède" Stockhdlm 1896. Dr. Paul Schreiber, „Die Einwirkung des Waldes auf Klima und Witterung". Dresden 1899. Schönfelds Verlag. J. Schubert „Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur im Freien und in Waldungen" etc. Berlin 1900. Jul. Springer. Ebermayer „Die Einwirkung des Waldes auf die Sickerwassermengen". München 1900. F. Wang „Grundriss der Wildbach-Verbauung" Leipzig 1901.

§ 12. In dem einleitenden Teile wurde gezeigt, wie mannigfach die ganze Kulturentwicklung der Völker die Existenz des Waldes beeinflusste und wie namentlich die verschiedenen staatsrechtlichen Auffassungen der Aufgaben, welche die Regierungsgewalt in Bezug auf die Waldwirtschaft zu erfüllen hat, eine grosse praktische Bedeutung für die Entwicklung wie andererseits für die Verhinderung einer guten Forstwirtschaft hatten. Fasst man den Staat als den höchsten, faktisch herrschenden Einheitswillen des Volkes auf, so gehört zu seinen wesentlichsten Aufgaben die Herstellung der moralischen und materiellen Existenzbedingungen seiner Angehörigen. Wenn also auf irgend einem Gebiete die Existenzbedingungen der Gesamtheit in Frage kommen, so rechtfertigt dies ein autoritatives Eingreifen der Staatsgewalt in öffentlichem Interesse, um die Hindernisse für die menschliche Kulturentwicklung zu beseitigen oder erforderlichenfalles unmittelbar fördernde Veranstaltungen zur Erreichung des gemeinschaftlichen öffentlichen Zweckes zu treffen. Dies ist namentlich dann der Fall, wenn die Kraft des Einzelnen unzureichend ist und eine Zusammenfassung vieler Kräfte zur Erreichung des gemeinsamen Zieles notwendig ist, oder wenn die zeitliche Nachhaltigkeit bei Unternehmungen, welche die Dauer eines Menschenlebens übertreffen, eine Haupt-

bedingung für das Gelingen des Unternehmens bilden, wie dies in der Forstwirtschaft geschieht. Die Entfaltung einer staatlichen Tätigkeit in dieser Richtung empfiehlt sich um so mehr, wenn der Erfolg derselben möglichst vielen, aber dem einzelnen nur in unmessbarem Grade zu gute kommt (Ad. Wagner). Aber auch da, wo der einzelne in Verkennung der Gefahr, welche seine Handlungen für das öffentliche Interesse nach sich ziehen, sei es in gutem Glauben sei es aus bösem Willen, das letztere schädigt, ist das Eingreifen der staatlichen Obrigkeit in dessen Interessensphäre gerechtfertigt.

In diesem Sinne hat die Frage der Erhaltung der Wälder, wie uns die Rechts- und Wirtschaftsgeschichte fast aller Staaten zeigt, seit den ältesten Zeiten die Gesetzgeber und die Exekutive der Staatsverwaltungen beschäftigt. Man erkannte schon frühzeitig, dass mit der Vernichtung der Wälder eines Landes Veränderungen in dem physischen Zustande desselben eintreten, die sehr oft verhängnisvoll für die Gesamtheit der Bewohner verlaufen, und schon Plato (Critias) berichtet über das „Erkranken des Landes“ in Folge der Entwaldungen. Ueber die verschiedenen Bestrebungen des Altertums, den menschlichen Egoismus durch religiöse Weihe sowie durch Gesetzgebung von der masslosen Wälderzerstörung abzuhalten, haben wir schon im § 8 gesprochen. Nicht minder zeigen die tausende von landesherrlichen Erlassen, Gesetzen und Forstordnungen, dass im Mittelalter bis in die Neuzeit die Staatsgewalt sich jederzeit im öffentlichen Interesse um die Erhaltung und Verbesserung des Zustandes der Wälder eifrig gekümmert hat. Freilich war hiebei der leitende Beweggrund in der Regel bloss die Sorge für nachhaltige Bereithaltung des für die Gesamtheit der Einwohner unentbehrlichen Brenn- und Baumaterials, aber in den Gebirgsgegenden sowie auf Sandboden und den Dünen wird schon frühzeitig dem Walde ein über seine Grenzen hinausreichender Einfluss auf die Beschaffenheit des Landes zugeschrieben, wozu namentlich die Erfahrungen in Italien beitrugen. Die älteste schriftliche Aufzeichnung über dieses Thema verdankt man dem Spanier Fernando Colon († 1540), welcher in einer Lebensbeschreibung des Admirals Almirante (Kap. 58) eine aus den Schiffsjournalen desselben geschöpfte Betrachtung über die Klimate einflicht; es heisst hier[51]):

„Der Admiral schrieb dem Umfange und der Dichtigkeit der Wälder, welche die Rücken der Berge bedeckten, die vielen erfrischenden, die Luft abkühlenden Regengüsse zu, denen er ausgesetzt war, so lange er längs der Küste von Jamaica hinsegelte, und bemerkt hiebei, dass vormals auf Madeira, den canarischen und azorischen Inseln die Wassermenge ebenso gross war, aber dass seit jener Zeit, wo man die Bäume abgehauen hat, welche Schatten verbreiteten, die Regen daselbst seltener geworden sind.“

Diese Aeusserung ist die erste der zahlreichen, später aus tropischen Ländern zu uns gelangten Klagen über den verderblichen Einfluss der Waldausstockungen auf die klimatischen Verhältnisse, welche wir hier schon des Raumes halber nicht alle anführen können.

Aber auch in Europa sammelte man frühzeitig Erfahrungen über die schlimmen Wirkungen der ausgedehnten Abholzungen; so bemerkt z. B. der kurf. sächsische Advokat K. G. Rössig[52]) über Kurfürsts August I. von Sachsen († 1586) Wirtschaftspolitik:

„Nicht weniger sah er übrigens ein, wie nachteilig oft die Ausrottung der Wälder, sobald sie unüberlegt geschieht, für ganze Gegenden werden kann; nicht etwa bloss durch Holzmangel, sondern auch, indem sie über grosse Landstriche Unfruchtbarkeit verbreiten kann. Wie oft schützt ein Wald die Nahrung einer Gegend! Er deckt ihre Aecker vor den verheerenden Nordwinden, befruchtet oft den Rücken eines Berges durch seinen Schutz

---

51) S. Alex. v. Humboldt „Kosmos“ II. Bd. S. 322.

52) Versuch einer pragmatischen Geschichte der Oekonomie-, Polizei- und Cameralwissenschaften. Leipzig 1782.

und das abfallende Laub und Holz, der sonst ein ganz unfruchtbarer Sandhügel sein würde und dessen Kultur nun, da der Wald vertilgt ist, unmöglich wird. So schreibt man in einigen Gegenden Italiens die Unfruchtbarkeit nicht ohne Grund der Ausrottung der Wälder auf den nahen Gebirgen zu, da man weiss, dass dieselben, da die Wälder noch standen, Früchte brachten und als fruchtbare Länder bekannt waren".

Einen besonderen Aufschwung erhielt die Wertschätzung des Waldes durch die wissenschaftlich exakten Untersuchungen des berühmten Naturforschers Buffon, welcher wie schon in § 3 erwähnt, mehrere Probleme der praktischen Forstwirtschaft zu lösen bemüht war und gelegentlich seiner Reisen auch Beobachtungen über die Wirkungen der ausgedehnten Walddevastationen machte, deren Ergebnis er in die Worte zusammenfasste: „Je länger ein Land bewohnt wird, desto wald- und wasserärmer ist es." Auch Choiseul-Gouffier stellte gelegentlich seiner Reisen in Griechenland Beobachtungen über die mit dem Verschwinden der Wälder zusammenhängende Abnahme des Quellenreichtums in diesem Lande an, während andere Reisende dieselbe Erscheinung der Abnahme des fliessenden Wassers in Syrien und Kleinasien wahrnahmen, z. B. Marchand.

Eine praktische Bedeutung erhielten alle diese vereinzelten Beobachtungen aber erst, nachdem die in grossartigem Massstabe betriebenen Waldrodungen im Verlaufe der französischen Revolution die allgemeine Aufmerksamkeit auf die hiedurch hervorgerufenen Schädigungen der öffentlichen Wohlfahrt gelenkt hatten — Schäden, deren Abwendung gegenwärtig mit dem Aufgebote von Millionen Frcs. jährlich und mit Aufwand alles Scharfsinnes der Forst- und Wasserbau-Ingenieure kaum zu bewältigen ist. Zahlreiche Berichte der Administrationen und gemeinnütziger Gesellschaften erzählen von den bald nach den grossen Waldausstockungen eingetretenen Schädigungen der öffentlichen Wohlfahrt. Schon 1792 schreibt die Administration des Basses-Alpes:

„Die Ausrodungen mehren sich rasch, von Dique bis Entrevaux sind die Gehänge der Gebirge von den schönsten Wäldern entblösst worden; die kleinsten Bäche werden nun zu Strömen und mehrere Gemeinden haben durch das Austreten der Flüsse ihre Ernten, ihre Herden und Häuser verloren."

Im Jahre 1803 äussert sich die Agrikulturgesellschaft in Marseille:

„Die Winter sind strenger, die Sommer trockener und heisser, die wohlthätigen Frühlings- und Herbstregen bleiben aus: der Uveaune-Fluss, welcher von O nach W fliesst, reisst beim geringsten Gewitter das Gelände mit sich fort und überschwemmt die reichsten Wiesen, aber neun Monate im Jahre liegt sein Bett trocken infolge des Versiegens der Quellen; unregelmässige, zerstörende Gewitter treten jetzt alljährlich ein und der Regen mangelt zu jeder Jahreszeit."

Namentlich schon unter dem Konsulat traten die unheilvollen Wirkungen dieser Devastationen zu Tage und wurden von Thuau in der National-Versammlung lebhaft geschildert (29. Germinal an XI). Seit jener Zeit datiert hauptsächlich die litterarische Bewegung zum Schutze des bedrohten Waldes und zur Erörterung seiner Funktionen im Haushalte der Natur, deren wichtigste Bücher wir im Eingang aufgezählt haben, ohne jedoch die Gesamtzahl dieser Litteraturgattung damit zu erschöpfen. Die weiteste Verbreitung fand unter diesen das Werk von Moreau de Jonnés, welches in Belgien preisgekrönt wurde, jedoch durch die vielfach übertreibende Darstellung und den Mangel an exaktem Beweismaterial auch gleichzeitig zur Diskreditierung dieser Bestrebungen beitrug. Erst dem wissenschaftlichen Ernst, der den Untersuchungen Alex. v. Humboldts, Boussingaults, Becquerels zu Grunde lag, gelang es, die Frage über die Bedeutung des Waldes von diesen Uebertreibungen zu befreien, während in der jüngsten Zeit Prof. Krutzsch, Forstrat Nördlinger und vor allem Prof. Dr. Ebermayer, Ritter v. Liburnau und Dr. Müttrich jene Spezialisierung und direkte Versuchsanstellung auf scharf abgegrenzten Gebieten zur An-

wendung brachten, wie sie der Gang der induktiven Forschung erfordert[53]).

Anstatt also die zahlreichen aus Reisebeschreibungen oder Chroniken geschöpften Einzelberichte über vorgekommene Fälle von Temperaturveränderungen, vom Vertrocknen ganzer Landstriche, vom Versiegen der Quellen, Fehlen der Regenniederschläge und des Taues hier zu wiederholen, verweise ich jeden sich dafür interessierenden Leser auf das oben zitierte Sammelwerk von Frhrn. v. Löffelholz-Colberg, wo mit grösstem Fleiss ein 290 Seiten füllendes Material dieser Art aus allen Ländern zusammengestellt und mit Quellenangabe nachgewiesen ist und wo sich ein erdrückendes Beweismaterial für das Vorhandensein eines dringenden öffentlichen Interesses an der Waldschutzfrage deponiert findet. In den letzten beiden Dezennien des XIX. Jahrhunderts haben sich verschiedene Stimmen erhoben, welche die kritische Betrachtung der Walderhaltungsfrage oft bis zur vollständigen Verneinung aller sog. „Wohlfahrtswirkungen des Waldes“ trieben. Dieser Standpunkt ist zum Teil auch in der Abhandlung über Forstpolitik dieses Werkes von Professor Dr. Lehr vertreten worden und findet namentlich bei den Bewohnern der Ebenen und des Tieflandes Beifall. Dem gegenüber hat sich aber in den Gebirgsländern die Ueberzeugung ungeschwächt erhalten, dass dem Walde ein über seine Grenzen hinausreichender Einfluss auf gewisse klimatische Faktoren zuzuschreiben sei, und das Studium dieser Frage gewinnt in neuester Zeit, wie die Berichte wissenschaftlicher Beobachter aus Russland, aus britisch Indien und aus Nordamerika beweisen, wieder an Interesse. Ich glaube es daher dem Leserkreise dieses Handbuches schuldig zu sein, in Vertretung dieses letzteren Gesichtspunktes, die in vielen Einzelberichten zerstreuten Ergebnisse der exakten Naturforschung über die einzelnen Seiten, welche bei der Wirkung des Waldes zu unterscheiden sind, übersichtlich zu ordnen und so den Gesamteffekt in seine einzelnen Komponenten zu zerlegen. Ich betrachte daher im Nachstehenden getrennt 1) den Einfluss des Waldes auf die Luft- und Bodentemperatur, 2) dessen Einwirkung auf die Feuchtigkeit der Luft und des Bodens, sowie auf den Kreislauf des Wassers, 3) dessen Bedeutung als mechanisches Hindernis für die Befestigung des Bodens und der Schneedecke und die Abschwächung der Winde.

1. Einfluss des Waldes auf Luft- und Bodentemperatur.

§. 13. So lange man die Frage über den klimatischen Einfluss der Wälder ohne direkte thermometrische Messungen lediglich nach dem oberflächlichen Augenschein erörterte, kamen die widersprechendsten Urteile darüber zu Tage. So verlangte im Jahre 1805 der bayerische Landesdirektionsrat Hazzi, dass die Staatsforsten verkauft und überhaupt möglichst viel Wald gerodet werden solle, damit das rauhe Klima Oberbayerns, welches durch Schneedruck, Reife und Hagelschauer die Waldanwohner belästige, gemildert werde. Andere glaubten, dass der Weinbau in Deutschland erst, nachdem ausgedehnte Waldrodungen das Klima geändert hätten, möglich geworden sei, während im diametralen Gegensatze hiezu wieder die Behauptung aufgestellt wurde, dass Waldrodungen die Ursache des Eingehens vieler Weinberge gewesen seien[54]). Da die grosse Menge überhaupt in der Erklärung von Naturerscheinungen und im Aufsuchen ihrer Ursachen leichtgläubig und naiv ist, so müssen alle die zahlreichen Behauptungen dieser Art mit kritischem Blicke betrachtet werden. Um so mehr verdienen die exakten wissenschaftlichen Forschungen Anerkennung, welche jetzt in vielen

53) S. hierüber: Ebermayer „Die geschichtliche Entwicklung der forstl. meteorologischen Stationen und ihre zukünftigen Aufgaben. In Ganghofer Das forstl. Versuchswesen. II. Band 1. Heft. Augsburg 1882.

54) Fischer „Geschichte des Handels“ 1793.

Ländern angestellt werden und deren Ergebnisse im folgenden in ihren Hauptzügen dargestellt werden sollen.

Das Klima, d. h. der durchschnittliche Gang der Luftwärme und Feuchtigkeit einer bestimmten Gegend, wird in erster Linie durch die erwärmende Wirkung der Sonnenstrahlen bedingt und hängt daher von der zweifachen Bewegung der Erdkugel, von der geographischen Lage des betreffenden Ortes, der Verteilung von Land und Wasser, sowie von der Erhebung über die Meeresoberfläche ab. Die Vegetationsdecke und namentlich der Wald vermögen an den so gegebenen klimatischen Verhältnissen nur innerhalb gewisser Grenzen Veränderungen hervorzubringen — Modifikationen, welche indessen beachtenswert werden, wenn es sich um ein grosses Areal handelt, das mit dieser Vegetationsform bedeckt ist. Dabei muss vor allem beachtet werden, dass der Ausdruck „Wald“ eine gewisse Mannigfaltigkeit verschiedener Holzarten und Bestockungsformen umfasst und dass die Wirkungen sich im Laub- und Nadelwald, im Hochwald- oder Niederwald, im geschlossenen oder lückigen Bestand nicht immer gleich bleiben werden; die im folgenden mitgeteilten Beobachtungsergebnisse beziehen sich nur auf ganz geschlossene Waldbestände. Schon Alex. v. Humbold[55]) rechnete unter die kälteerzeugenden und die mittlere Jahrestemperatur verändernden Ursachen den Wald, wo er in grosser Ausdehnung vorhanden ist und zwar wegen der Verhinderung der Insolation des Bodens (Schattenkühle), dann wegen der grossen Verdunstung der lebensthätigen Blätter, endlich wegen der nächtlichen Strahlung, die durch die grosse Oberflächenausdehnung der Blätter begünstigt wird. Es ist nämlich zu bedenken, dass die atmosphärische Luft ihre Wärme nur zu einem kleinen Teil durch unmittelbare Absorption der Sonnenstrahlen empfängt, den weitaus grösseren erhält sie vielmehr durch Rückstrahlung und durch Leitung von dem nicht diathermanen Boden zugeführt. Das Kronendach des Waldes hindert aber diese Erwärmung des Bodens in hohem Grade, so dass der Waldluft vom Boden aus wenig Wärme zugeführt werden kann und dieselbe daher im Durchschnitt während des Tages kälter sein muss. Auch die Wärmeausstrahlung findet im Blätterdache des Waldes in ganz ähnlicher Weise statt, wie wir dies bei Wiesen nach nächtlichem Tau oder Reif beobachten können, nur sinkt im Walde die erkaltete Luft durch die Zweige herab, weil sie spezifisch schwerer wird; doch unterscheidet sich in dieser letzteren Hinsicht der Wald nicht wesentlich von irgend einer anderen Vegetationsform. Anderseits verhindert das Kronendach die nächtliche Strahlung aus dem Waldboden, so dass die Luftschichte zwischen beiden des Nachts meistens eine höhere Temperatur hat, als die des freien Landes ist. Wenn auch die geschilderten Vorgänge sich zunächst nur im Walde selbst abspielen, so ist doch eine gewisse Einwirkung auf die Umgebung durch Zirkulationströmungen möglich, so dass ein grösserer Wald in analoger Weise wie z. B. ein See bis auf gewisse Entfernungen hin klimatische Modifikationen hervorbringen oder ein sog. „Lokalklima“ bilden kann, welches gewisse charakteristische Eigentümlichkeiten zeigt. In dieser Hinsicht hat A. Woeikof[56]) in Petersburg interessante Vergleiche zwischen der mittleren Julitemperatur vieler auf gleichen Breitegraden gelegener Stationen angestellt, nachdem die Zahlen der Celsius-Grade auf gleiche Meereshöhe (200 m) reduziert worden waren: Er fand:

beim 38° nördl. Breite

Lissabon 21,4°, Campomajor 24,6°, Palermo 24,7°, Athen 26,2°, Smyrna **25,5°**, Lenkoran **23,7°**, Krasnowodsk **27,8**. Hier fällt besonders auf, dass der waldreiche Westen

---

55) Kosmos 1. Bd. S. 344.

56) Petermanns geogr. Mitteilungen 31. Band 1885. Heft III. S. 81.

vom Kaspissee kühlere Temperaturen aufweist als die um 4° heissere Ostküste in der Steinwüste von Krasnowodsk.

bei 43° n. Br.

Oporto 19,8°, Rom 24,0°, Ragusa 23,6°, Poti **21,6°**, Kutais **22,8°**, Tiflis 26,0°, Orte am Amu Darja 26,8°. Hieraus schliesst W., dass die dichten Wälder Mingreliens (Poti) die Temperatur erniedrigen, während in dem waldarmen Tiflis und am Amu Darja eine um 4° höhere Hitze herrscht; einen analogen Verlauf zeigt folgende Reihe von Julimitteln:

bei 46° n. Br.

La Rochelle 19,3°, Mailand 22,7°, Triest 22,6°, Agram 21,7°, Szegedin 22,0°, Arad 22,8°, Orawicza (Ungarn) **19,7°**, Pojana Ruska **19,9°**, Odessa 21,8°, Cherson 22,5°, Astrachan **24,2°**, Orte am Syr Darja **24,5°**. Hier fällt namentlich die niedere Temperatur des waldreichen Kroatien und Siebenbürgen auf.

bei 47° n. Br.

Brest 16,8°, Versailles 18,6°, Karlsruhe 19,2°, Wien 19,9°, Debreczin 21,5°, Rosenau 20,5°, Bistritz (Siebenbürgen) 20,0°, Czernowitz 20,5°, Ekaterinoslaw 22,9°, Lugan (Steppe) **22,5°**, Irgis (Kirgisensteppe) **24,2°**.

Die Temperatur steigt hier vom atlantischen Ozean bis zu den Pussten Ungarns konstant, aber im Osten Ungarns, in dem waldigen Siebenbürgen und der Bukowina, steht sie erheblich tiefer als in den russischen Steppen.

bei 50° n. Br.

Guernsey 15,3°, Brüssel 17,0°, Würzburg 20°, Promenhof (Böhmen) 18,0°, Prag 20°, Hochwald (mähr. Plateau) **17,6°**, Troppau 20°, Orte in den Karpathen **17,9°**, Lemberg 18,6°, Kiew 19,0°, Charkow 20,2°, Ssemipalatinsk **22,6°**. Auch hier steigt vom Ozean bis zum Mainthal die Wärme rasch, dann bewirken aber die grossen Wälder an der bayr.-böhmischen Grenze eine Temperaturerniedrigung, die sich nochmals in den Karpathen wiederholt; auch Kiew ist nahe an Wäldern und Sümpfen, dagegen Charkow an der Steppengrenze.

bei 52° n. Br.

Valentia (Irland) 14,2°, Leipzig 17,0°, Warschau 18,2°, Tschernigow **18,4°**, Orel und Kursk 19,8°, Poljänki (bei Saratow) **18,7°**, Orenburg 20,6°, Akmollins (Kirgisensteppe) **21,1°**.

Vom Meere an rasche Temperaturzunahme gegen Mitteldeutschland, gegen den mittleren Dnieper aber und im waldigen Quellengebiet der Ssura eine relative Abnahme, hingegen hohe Temperaturen im Tschernosiem-Gebiete und in der Steppe.

Eine ähnliche vergleichende Zusammenstellung von auf gleiche Meereshöhe reduzierten Sommertemperaturen, wie sie gleichzeitig in dem waldreichen Bosnien und der grösstenteils aus nacktem Felsgestein bestehenden Herzegowina beobachtet wurden, lässt erkennen, dass das Waldland um 2,5—4,5° kühlere Sommer aufweist als die kahlen, an den „Karst" erinnernden Gebirge der Herzegowina.

Auch in Indien lässt sich eine ganz analoge Erscheinung konstatieren, indem die grossen Waldkomplexe von Assam, Sylhet und Cachar, trotzdem sie weit vom Meere entfernt sind, in den Monaten April bis Juni um 4° bis 6° C. niedrigere Mitteltemperaturen haben, als die unbewaldeten Gegenden gleicher Lage; insbesondere fehlt daselbst die heisse Zeit, welche in dem übrigen Indien in die Monate April—Juni fällt, und es steigt die Temperatur in diesen Waldgebieten konstant vom Januar bis Juli fort. Vor allem aber differieren in den genannten Gebieten die Maximaltemperaturen in auffälliger Weise von jenen des übrigen Indiens, während nämlich diese letzteren 40°—45° C. betragen, sind sie in Assam kaum höher als im südlichen Russland, d. h. 36° C. durchschnittlich. Auf eine direkte briefliche Anfrage bei dem Beobachter H. Blanford, welcher die meteorologischen Observationen in Assam gemacht hatte, erhielt Woeikof die Antwort, dass die dichten Wälder, welche Ober-Assam bedecken, als Ursache dieser auffallenden Mässigung der Temperatur-Extreme anzusehen seien.

§ 14. In dem Widerstreite der Meinungen über die Einwirkungen der Wälder auf das Klima, welcher bloss auf Grund allgemeiner meteorologischer Aufzeichnungen

geführt wurde, stellte sich das Bedürfnis nach direkt zu diesem Zwecke angestellten vergleichenden Beobachtungen heraus. Die ältesten meteorologischen Untersuchungen im Walde sollen von Pictet und Maurice in der Nähe von Genf zwischen 1796 und 1800 angestellt worden sein, worauf in Deutschland solche des bekannten Meteorologen Kaemtz 1831—34 folgten. Die französische Forstverwaltung suchte 1859—60 namentlich die Regenmengen und die Regenverteilung im Walde an einigen Stationen zu ermitteln. Nachdem dann 1858 in Frankreich Becquerel Beobachtungen über den Einfluss der Wälder auf Temperatur und Niederschläge gemacht hatte, wurden zu Anfang der 60ger Jahre von Forstrat H. Nördlinger und in Sachsen von Professor Krutzsch meteorologische Beobachtungen in der Nähe grösserer Wälder angestellt, indem an 9 Forsthäusern Stationen zu allgemein meteorologischen Zwecken errichtet wurden. Eine wesentliche Erweiterung ihrer Aufgaben erfuhren aber die forstlich-meteorologischen Stationen durch Prof. Dr. E. Ebermayer, welcher das System der Parallelbeobachtungen im Innern eines geschlossenen Waldbestandes und im Freien auf einer sonst gleich gelegenen Fläche seit 1867 auf 7 Stationen zur Durchführung brachte. Ihm schloss sich bald das im Kanton Bern von Fankhauser auf 3 Stationen eingerichtete Beobachtungssystem an, wie auch in Böhmen und Italien diese Doppelstationen frühzeitig Nachfolge fanden (in Promenhof und Vallombrosa). Die interessanten Resultate, welche Ebermayer in seinem Werke über „die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden“ mitteilte, veranlassten eine allgemeinere Durchführung dieser Beobachtungsmethode, indem in Preussen 10 solcher Stationen, in Elsass-Lothringen 3, in den thüringen'schen Staaten 2, in Braunschweig und Württemberg je 1 seit 1874 nach und nach entstanden. Diese Stationen haben nach 22jähriger Beobachtungs-Dauer ihre Aufschreibungen abgeschlossen, nachdem durch diese Ergebnisse hinreichendes Material für die Beantwortung der Frage über die Unterschiede zwischen Waldluft und Luft des freien Landes geliefert worden ist. Beobachtungen von solchem Umfange werden voraussichtlich niemals mehr hierüber angestellt werden.

Seit 1876 wurden in Schweden forstlich-meteorologische Beobachtungen organisiert, während in Oesterreich seit 1884 das System der Radialstationen eingerichtet ward. Auch die meteorologischen Beobachtungen in Ostindien haben seit 1893 eine Ausdehnung auf Stationen in den Waldgebieten von Beluchistan, Aimere und an der Forstschule in Dehra (Nordwest-Provinzen) erfahren.

Die Instruktion, nach welcher die deutschen Beobachtungen gemacht werden, sowie die Beschreibung der Stationen ist als Beilage zum Jahrbuch der Preussischen Forstverwaltung VII. Bd. 1875 gedruckt erschienen, auf welche daher hier verwiesen wird. Ich habe für die vorliegende Arbeit die allmonatlich von H. Professor Dr. Müttrich publizierten Beobachtungsergebnisse[57]), welche als Beilage der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen erscheinen, theilweise bearbeitet und namentlich zunächst folgende Differenzen der täglichen Mitteltemperaturen zwischen Freiem und Wald in den Tabellen auf Seite 28 nach Jahreszeiten und Jahresmitteln berechnet[58]). Hiernach waren im Gesamtdurchschnitte die Unterschiede zwischen der Luft im Walde und dem Frei-

57) Dr. A. Müttrich „Beobachtungsergebnisse der von den forstlichen Versuchsanstalten des Königreichs Preussen, Herzogtum Braunschweig, der thüringischen Staaten, der Reichslande und dem Landesdirektorium der Provinz Hannover eingerichteten forstl. meteorologischen Stationen“. Berlin. J. Springer. Ferner in demselben Verlag die „Jahresberichte über die Beobachtungsergebnisse der forstl. meteorol. Stationen“.

58) Die Tagesmittel sind von 1875—81 incl. aus den beiden täglichen Beobachtungen 8 Uhr morgens und 2 Uhr nachmittags berechnet, seit 1882—85 aber aus den Angaben der Thermometrographen gezogen.

lande folgende:

Im Jahresmittel war die Waldluft kälter (—) oder wärmer (+) als die Luft im Freien um folgende Grade Celsius.

Kurze Beschreibung der Beobachtungsstationen			Mittlere Differenzen					
			1875—85		1886—90		1891—95	
Station	Seehöhe	Holzbestand	bei 1,5 m	in der Baumkrone	bei 1,5 m	in der Baumkrone	bei 1,5 m	in der Baumkrone
	m							
Fritzen, Ostpreuss.	30	45—65j. Fichten	— 0,43	— 0,20	— 0,5	— 0,2	— 0,6	— 0,5
Kurwien, Ostpreuss.	124	80—150j. Kiefern	— 0,08	+ 0,20	— 0,2	—	0,0	—
Carlsberg, Schlesien	690	45—65j. Fichten	— 0,39	+ 0,11	— 0,6	—	— 0,6	—
Eberswalde, Mark B.	42	45—65j. Kiefern	— 0,14	— 0,14	— 0,5	— 0,4	— 0,5	— 0,3
Schmiedefeld, Thüring.	680	60—80j. Fichten	— 0,40	+ 0,07	— 0,2	0,0	— 0,1	0,0
Friedrichsrode, dto.	353	65—95j. Buchen	— 0,64	— 0,26	— 0,4	— 0,1	— 0,3	— 0,1
Sonnenberg, Harz	774	45—65j. Fichten	— 0,23	+ 0,17	— 0,1	—	— 0,3	— 0,2
Marienthal, Braunschw.	143	60—80j. Buchen	— 0,25	— 0,08	— 0,2	0,0	— 0,4	—
Lintzel, Hannover	95	Lüneburger Heide	+ 0,14	—	— 0,1	—	— 0,2	— 0,2
Hadersleben, Schleswig	34	70—90j. Buchen	— 0,36	— 0,11	— 0,1	+ 0,1	— 0,5	—
Schoo, Ostfriesland	3	20—40j. Kiefern	— 0,12	— 0,12	— 0,1	— 0,1	— 0,2	0,0
Lahnhof, Rhein. Schief.-Geb.	602	70—90j. Buchen	— 0,16	— 0,22	— 0,4	— 0,4	— 0,6	— 0,5
Hollerath, Eifel	612	45—65j. Fichten	— 0,21	— 0,28	— 0,7	— 0,6	— 0,8	— 0,9
Hagenau, Unt.-Elsass	145	55—85j. Kiefern	— 0,91	— 0,97	— 1,1	— 0,7	— 1,3	— 0,6
Neumath, Lothringen	340	45—65j. Buchen	— 0,39	— 0,12	— 0,3	— 0,3	— 0,6	— 0,4
Melkerei, Unt.-Elsass	930	60—100j. Buchen	— 0,96	— 0,36	— 1,0	— 0,8	— 0,6	— 0,5

Im Vergleiche hiezu ergaben die Beobachtungen in Bayern, Württemberg, der Schweiz und Frankreich

Station	Seehöhe	Holzbestand	bei 1,5 m	in der Baumkrone
(In Bayern)[59]				
Duschlberg, bayr. Wald	901	40j. Ficht. u. Tann.	— 1,37	— 0,76
Seeshaupt, Oberbayern	595	40jähr. Fichten	— 1,44	— 0,11
Rohrbrunn, Spessart	476	60jähr. Buchen mit einig. 200j. Eichen	— 0,22	+ 0,07
Johanneskreuz, Pfalz	476	60jähr. Buchen	— 0,95	— 0,75
Ebrach, Steigerwald	381	50jähr. Buchen	— 1,06	— 0,56
Altenfurth bei Nürnberg	325	36jähr. Kiefern	— 0,80	— 0,13
(Württemberg)[60]				
St. Johann bei Urach	760	50jähr. Fichten	— 0,90	— 0,50
(Schweiz)[61]				
Brückwald bei Interlacken	800	50jähr. Lärchen	— 0,91	
Löhrwald bei Bern	500	40jähr. Fichten	— 1,05	
Fahywald bei Pruntrut	450	50 - 60j. Buchen	— 0,76	
(Frankreich)[62]				
Hayer-Wald b. Bellefontaine	240	65j. Buch. u. Eichen	— 0,4	
Halatter-Wald bei Fleurines	120	30jähr. Eichen und Hainbuchen	— 0,5	
Ermenonvillerwald b. Thiers	100	25jähr. Kiefern	— 1,0	
		Gesamt-Durchschnitt	— 0,58	— 0,23

59) Dr. E. Ebermayer „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden". Aschaffenburg 1873.

60) Dr. Theod. Nördlinger „Der Einfluss des Waldes auf Luft- und Bodenwärme". Berlin 1885.

61) In der „schweizerischen Zeitschrift für das Forstwesen" nach Monatsmitteln veröffentlicht. Eine übersichtliche Zusammenstellung der 13jährigen Beobachtungsreihe hat Dr. E. Wollny im V. Band seiner „Forschungen aus dem Gebiete der Agrikultur-Physik" S. 316—331 veröffentlicht, aus welcher ich die Differenzen berechnete.

62) Mathieu Météorologie comparée agricole et forestière 1878, dann Fautrat „Observations météorologiques."

§ 15. Vorstehende Zusammenstellung giebt die Uebersicht über die Jahresmittel aller forstlich-meteorologischen Beobachtungsstationen, welche für das preussische Beobachtungsnetz aus 11, seit 1886 aus je 5 zu Lustren vereinigten Jahrgängen gezogen sind, für die bayerischen und württembergischen Stationen nur aus einem Jahre, für die schweizerischen aus 12 und die französischen aus 1—8 Jahren berechnet wurden. In diesem grossen Durchschnitte zeigt sich, dass die Luft im Walde fast durchgehends kälter ist als im freien Lande und zwar im allgemeinen Mittel um etwa $^1/_2$° C., jedoch ist der Unterschied in dem gebirgigen Terrain im allgemeinen grösser, in den grossen Ebenen kleiner als dieses Mittel, ja in der Lüneburger Haide war die Differenz sogar eine positive, vermutlich wegen des Schutzes gegen den Wind. Die Holzarten zeigen nicht durchaus einen gleichen Einfluss, indem zwar die Kiefernbestände mehrfach nur geringere Differenzen aufweisen als Buchen- und Fichtenwälder, jedoch in einzelnen Fällen diese wieder übertreffen. Es scheint also hieraus hervorzugehen, dass es weniger die Art der Bestockung ist, welche diese Verschiedenheiten in der Einwirkung des Waldes auf die Mittel-Temperatur bedingt, als vielmehr die Exposition und die Lage gegen die Haupt-Windrichtung. Vergleicht man hingegen die Lufttemperatur im Kronenraume des Waldes mit jener im Freien, so ist die Differenz eine viel kleinere und zwar durchschnittlich um die Hälfte geringere; an mehreren Stationen ist dieselbe sogar positiv; ein charakteristisches Verhalten der Holzarten ist auch hier nicht zu konstatieren, sondern es spielt offenbar die Windrichtung eine grosse Rolle hiebei.

Man kann also sagen, dass im geschlossenen Walde die mittlere Jahrestemperatur der Luft im allgemeinen etwas kühler ist, als im Freien, dass aber diese Differenz nur selten bei einem mehrjährigen Durchschnitte 1° C. übertrifft. Es muss aber hier bemerkt werden, dass die Art der Instrumenten-Aufstellung von erheblichem Einfluss auf die Beobachtungs-Ergebnisse ist. Die sog. „forstliche Hütte“ liefert etwas abweichende Temperatur-Angaben wie die sog. „englische Hütte“, z. B. war im Jahresmittel für 1897—98 die Waldluft kälter als jene im Freien

für Eberswalde in ersterer um 0,67° C, in letzterer um 0,52° C (Mittel aus 8 h u. 2 h)
„ Friedrichsrode „ „ „ 0,90° „ „ „ „ 0,46° „
„ Sonnenberg „ „ „ 0,90° „ „ „ „ 0,66° „ [63]).

Da aber jede Art der Aufstellung ihre specifischen Vor- und Nachteile hat, so benützen wir für die nachfolgenden Erörterungen die Beobachtungen, welche 22 Jahre lang an allen deutschen forstl.-meteorologischen Stationen ausgeführt wurden. Ebenso sind die gebrauchten Instrumente selbst von Einfluss auf die Resultate. Das z. Z. bevorzugte Aspirations-Psychrometer liefert andere Temperatur-Angaben als die gewöhnlichen Quecksilber-Thermometer und es fallen bei ersterem die Differenzen zwischen Freiluft und Waldluft geringer aus als bei letzterem.

§ 16. Wichtiger als das Jahresmittel ist die Ermittlung der Unterschiede in den verschiedenen Jahreszeiten, da hier die Wirkungen des Waldes ziffermässig schärfer hervortreten und sich die positiven und negativen Grössen nicht so kompensieren. Um diese Frage zu beantworten, habe ich die Beobachtungsergebnisse der Stationen des preussischen Netzes nach Jahreszeiten berechnet und die Differenzen in den Tabellen auf Seite 30 u. 31 zusammengestellt, ebenso sind die schweizerischen Beobachtungen in gleichem Sinne bearbeitet auf Seite 31 aufgeführt. Als Hauptresultate ergeben sich aus allen Beobachtungen folgende Zahlen:

63) Näheres hierüber s. J. Schubert „Vergleichende Temperatur- und Feuchtigkeitsbestimmungen“ in den Abhandlungen des K. Preuss. meteorolog. Instituts. Berlin 1901. Asher & Co.

Im Mittel der einzelnen Jahreszeiten war im Tagesmittel die Waldluft in Brusthöhe (d. i. 1,5 m über dem Boden) um folgende Grade Celsius wärmer (+) oder kälter (—) als die Luft im Freien bei gleicher Höhe und im Schatten.

Durchschnitt aus den Jahrgängen	Fritzen	Kurwien	Carlsberg	Eberswalde	Schmiedefeld	Friedrichs-rode	Sonnenberg	Marienthal	Lintzel	Hadersleben	Schoo	Lahnhof	Hollerath	Hagenau	Neumath	Melkerei
Holzarten	Ficht.	Kief.	Ficht.	Kief.	Ficht.	Buch.	Ficht.	Buch.	—	Buch.	Kief.	Buch.	Ficht.	Kief.	Buch.	Buch.
Im Frühling (März, April, Mai)																
Vieljähr. Mittel 1875—85	— 0,39	— 0,11	— 0,55	— 0,11	— 0,46	— 0,27	— 0,41	+ 0,17	— 0,26	— 0,07	+ 0,02	+ 0,14	— 0,29	— 0,84	+ 0,14	— 0,88
5jähr. „ 1886—90	— 0,47	— 0,23	— 0,90	— 0,50	— 0,43	— 0,23	— 0,30	— 0,00	+ 0,87	+ 0,07	— 0,07	— 0,27	— 0,93	— 0,93	+ 0,20	— 0,73
5 „ „ 1891—95	— 0,63	— 0,23	— 0,90	— 0,40	— 0,23	+ 0,10	— 0,57	— 0,30	— 0,07	— 0,27	— 0,10	— 0,30	— 1,43	— 0,80	+ 0,13	— 0,30
Im Sommer (Juni, Juli, August)																
Vieljähr. Mittel 1875—85	— 0,89	— 0,29	— 0,38	— 0,21	— 0,33	— 1,54	— 0,30	— 0,86	+ 0,11	— 1,09	— 0,29	— 0,65	— 0,72	— 1,74	— 1,25	— 1,76
5jähr. „ 1886—90	— 0,90	— 0,30	— 0,83	— 0,90	— 0,33	— 1,43	— 0,23	— 0,70	— 0,37	— 0,67	— 0,17	— 0,87	— 1,37	— 2,00	— 0,73	— 1,83
5 „ „ 1891—95	— 1,00	— 0,07	— 0,90	— 0,73	— 0,20	— 1,20	— 0,30	— 1,00	— 0,57	— 1,10	— 0,30	— 1,20	— 1,73	— 2,20	— 0,93	— 1,37
Im Herbst (September, Oktober, November)																
Vieljähr. Mittel 1875—85	— 0,47	+ 0,01	— 0,54	— 0,18	— 0,48	— 0,56	— 0,20	— 0,30	— 0,01	— 0,30	— 0,22	— 0,24	— 0,09	— 0,82	— 0,39	— 0,73
5jähr. „ 1886—90	— 0,57	— 0,13	— 0,43	— 0,47	— 0,10	— 0,27	— 0,10	— 0,17	— 0,30	— 0,17	— 0,27	— 0,47	— 0,53	— 1,10	— 0,30	— 0,87
5 „ „ 1891—95	— 0,70	— 0,03	— 0,50	— 0,40	— 0,07	— 0,43	— 0,27	— 0,33	— 0,20	— 0,47	— 0,30	— 0,77	— 0,53	— 1,37	— 0,53	— 0,43
Im Winter (Dezember, dann Januar und Februar des folgenden Jahres)																
Vieljähr. Mittel 1875—85	+ 0,01	+ 0,09	— 0,08	— 0,05	— 0,34	— 0,21	0,00	— 0,02	+ 0,21	0,00	— 0,01	+ 0,10	+ 0,28	— 0,23	— 0,06	— 0,48
5jähr. „ 1886—90	— 0,07	+ 0,10	— 0,27	— 0,07	+ 0,13	+ 0,03	+ 0,20	— 0,10	+ 0,23	+ 0,07	0,00	— 0,10	— 0,20	— 0,33	— 0,13	— 0,47
5 „ „ 1891—95	— 0,17	+ 0,03	— 0,07	+ 0,30	— 0,17	— 0,03	— 0,03	— 0,07	— 0,03	— 0,13	— 0,03	— 0,23	— 0,13	— 0,57	— 0,23	— 0,18

Die Waldluft im Kronenraume der Waldbäume war um folgende Celsiusgrade wärmer (+) oder kälter (—) als die Luft im Freien.

Vieljähr. Mittel 1875—85	Fritzen	Kurwien	Carlsberg	Eberswalde	Schmiedefeld	Friedrichs-rode	Sonnenberg	Marienthal	Lintzel	Hadersleben	Schoo	Lahnhof	Hollerath	Hagenau	Neumath	Melkerei
im Frühjahr	— 0,12	+ 0,20	+ 0,22	— 0,15	+ 0,14	+ 0,01	+ 0,06	+ 0,21	—	0,00	+ 0,08	— 0,01	— 0,40	— 1,15	+ 0,26	— 0,26
im Sommer	— 0,51	+ 0,36	+ 0,07	— 0,19	+ 0,13	— 0,84	+ 0,21	— 0,26	—	— 0,47	— 0,18	— 0,58	— 0,53	— 0,96	— 0,70	— 1,20
im Herbst	— 0,24	+ 0,15	— 0,12	— 0,15	— 0,14	— 0,25	+ 0,15	— 0,13	—	— 0,13	— 0,29	— 0,33	— 0,25	— 1,16	— 0,21	— 0,23
im Winter	+ 0,08	+ 0,08	+ 0,29	— 0,08	+ 0,16	+ 0,03	+ 0,28	+ 0,22	—	+ 0,18	— 0,08	+ 0,05	+ 0,08	— 0,59	+ 0,16	+ 0,25

Forstlich-meteorologische Beobachtungsnetze	im Frühjahre			im Sommer			im Herbst			im Winter		
	mittlere	höchste	niedrigste	mittlere	höchste	niedrigste	mittlere	höchste	niedrigste	mittlere	höchste	niedrigste
	Differenz zwischen Waldlufttemperatur in 1,5 m Höhe und Luft im Freien in C°											
Preussisches	— 0,23	— 0,88	+ 0,26	— 0,76	— 1,76	+ 0,11	— 0,35	— 0,82	+ 0,01	— 0,05	— 0,48	+ 0,28
Bayerisches	— 1,27	— 2,06	+ 0,06	— 2,04	— 2,92	— 1,01	— 0,74	— 1,20	— 0,19	— 0,47	— 1,33	+ 0,60
Schweizerisches	— 0,74	— 1,02	— 0,42	— 1,51	— 1,64	— 1,34	— 0,87	— 0,92	— 0,82	— 0,51	— 1,03	— 0,20
Französisches	— 0,43	— 0,90	— 0,20	— 1,03	— 1,20	— 0,90	— 0,70	— 1,00	— 0,30	— 0,37	— 0,70	— 0,20
Württembergisch.	— 0,80			— 1,70			— 0,50			— 0,30		
	Differenz zwischen Waldluft in der Baumkrone und im Freien in C°.											
Preussisches	— 0,06	— 1,15	+ 0,26	— 0,40	— 1,20	+ 0,36	— 0,22	— 1,16	+ 0,30	— 0,08	— 0,59	+ 0,29
Bayerisches	— 0,42	— 0,89	+ 0,15	— 1,07	— 2,23	— 0,25	— 0,27	— 0,46	— 0.01	0.00	— 0,26	+ 0,47
Württembergisch.	— 0,50			— 1,00			— 0,20			0,00		

Schweizer Beobachtungen: Im Jahreszeitenmittel war das Tagesmittel der Lufttemperatur im Walde in 3 m Höhe höher (+) oder niedriger (—) als die Lufttemperatur im Freien (gemessen in 3 m Höhe) um folgende Grade Celsius.

Jahrgänge	Temperaturunterschied in 3 m Höhe			Temperaturunterschied in 3 m Höhe		
	Station **Interlacken** (Brückwald)	Station **Bern** (Löhrwald)	Station **Pruntrut** (Fahywald)	Station **Interlacken** (Brückwald)	Station **Bern** (Löhrwald)	Station **Pruntrut** (Fahywald)
	Im Frühlinge (März, April, Mai)			Im Sommer (Juni, Juli, August)		
1869	— 0,73	— 1,02	— 0,56	— 1,28	— 1,27	— 1,52
1870	— 0,47	— 0,67	— 0,34	— 0,87	— 0,90	— 1,35
1871	— 0,76	— 0,66	— 0,32	— 1.49	— 1,21	— 1,40
1872	— 0,55	— 0,73	— 0,49	— 1,36	— 0,42	— 1,45
1873	— 0,61	— 0,89	— 0,42	— 1,74	— 1,74	— 1,63
1874	— 0,94	— 1,25	— 0,52	— 1,83	— 1,46	— 1,61
1875	— 0,96	— 1,16	— 0,57	— 1,83	— 1,59	— 1,84
1876	— 0,80	— 1,09	— 0,29	— 1,91	— 1,16	— 1,49
1877	— 0,79	— 1,09	— 0,42	— 1,73	— 1,71	— 1,76
1878	— 0,96	— 1,21	— 0,62	— 1,76	— 1,50	— 1,90
1879	— 0,81	— 1,05	— 0,30	— 1,91	— 1,56	— 1,57
1880	— 0,90	— 1,23	— 0,18	— 1,94	— 1,55	— 1,22
Mittel	**— 0,77**	**— 1,02**	**— 0,42**	**— 1,64**	**— 1,34**	**— 1,56**
	Im Herbst (September, Oktober, November)			Im Winter (Dezember und Januar, Februar des folgenden Jahres)		
1869	— 0,81	— 1,09	— 0,99	+ 0,05	— 1,39	+ 0,10
1870	— 0,50	— 0,39	— 0,81	— 0,27	— 1,24	— 0,03
1871	— 0,88	— 0,23	— 0,69	— 0,10	— 1,63	— 0,03
1872	— 0,72	— 0,76	— 0,84	— 0,02	— 1,28	— 0,49
1873	— 0,93	— 0,93	— 0,92	— 0,68	— 0,98	— 0,17
1874	— 1,06	— 1,28	— 0,63	— 0,35	— 0,89	— 0,12
1875	— 1,06	— 0,93	— 1,23	— 0,34	— 1,04	0,00
1876	— 1,04	— 0,96	— 0,90	— 0,28	— 0,52	— 0,28
1877	— 1,09	— 0,94	— 0,84	— 0,43	— 0,36	— 0,79
1878	— 1,08	— 0,86	— 0,88	— 0,37	— 1,05	— 0,19
1879	— 0,97	— 0,76	— 1,03	— 0,33	— 2,12	0,00
1880	— 0,97	— 0,79	— 0,53	— 0,41	— 0,06	— 0,35
	— 0,92	**— 0,82**	**— 0,86**	**— 0,29**	**— 1,03**	**— 0,20**

Demnach ist zwar im Verlaufe des ganzen Jahres die Waldluft durchschnittlich von niedrigerer Temperatur als jene des freien Landes, aber dieser erkältende Einfluss tritt am stärksten im Hochsommer hervor, wie überhaupt

die Temperatur-Differenz zwischen Freiem und Wald nahezu proportional mit der Luftwärme steigt; demnach ist diese Differenz im Winter äusserst gering und hält im Frühjahr und Herbst beiläufig die Mitte zwischen beiden ein. Offenbar ist also die Verhinderung der direkten Insolation des Bodens während der langen Tagesdauer im Sommer in Verbindung mit der starken Verdunstung mittelst der Transpirationsvorgänge von mächtigerem Einfluss auf die Lufttemperatur, als die Abhaltung des Windes und die etwaige Abschwächung der nächtlichen Strahlung. Um den Gang der Temperatur-Differenz zwischen Freiem und Wald von Monat zu Monat darzustellen, dazu reicht der uns hier zur Verfügung stehende Raum nicht aus, weshalb wir nur die Jahreszeiten-Mittel berechnet haben. Es möge hier nur auf die von Professor Dr. J. Schubert l. c. berechneten 2jährigen Mittelwerte der Beobachtungen in Eberswalde (Kief.), Sonnenberg (Ficht.) und Friedrichsrode (Buchen) hingewiesen werden, welche von den verschiedenen Fehlerquellen möglichst befreit sind. Demnach war die Waldluft kälter oder wärmer (+) als die Luft der Freistation.

Holzart	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dezbr.
Kiefern	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	+ 0,1
Fichten	+ 0,3	+ 0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	+ 0,1	+ 0,2
Buchen	+ 0,1	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,1	0,4	0,5	0,4	0,3	0,0	0,0	+ 0,2

Wenn daher der Wald auf grossen Flächen vernichtet wird, so tritt die Wirkung dieser Veränderung hauptsächlich in einer Steigerung der Sommerhitze zu Tage, indem nun die ausgleichenden Zirkulationsströmungen zwischen der kühleren, spez. schwereren Waldluft und der heisseren, aufsteigenden Luft des freien Feldes hinwegfallen. Auch im Frühjahr und Herbst wird zwar eine derartige Ausgleichung noch stattfinden, indessen in geringerem Grade, während im Winter ein merkbarer Einfluss auf die mittlere Tagestemperatur vom Walde nicht zu erwarten ist. Uebrigens ist wohl zu beachten, dass die Resultate dieser Doppelstationen und ihrer Parallelbeobachtungen immerhin noch durch die meistens nur geringe Entfernung der Freistation von der Waldgrenze abgeschwächt werden, da sie teilweise, je nach der Windrichtung selbst wieder unter dem Einflusse des Lokalklimas des Waldes stehen. Es zeigt sich dies u. A. bei den Stationen Hagenau, Melkerei und einigen bayerischen, welche bei Entfernungen von 700—1800 m schon beträchtlich höhere Differenzen der beiden verglichenen Temperaturen aufweisen. Man hat deshalb in Oesterreich begonnen, das System der sog. „Radialstationen“ für das forstlich-meteorologische Netz in Anwendung zu bringen, wobei von einem grösseren Waldkomplex ausgehend in bestimmt abgestuften Entfernungen nach verschiedenen Richtungen Stationen mit ähnlichen Parallelbeobachtungen wie die obigen angelegt werden.

In dem Kronenraume des Waldes, wo die Insolation unter Tages und die Abkühlung durch Strahlung bei Nacht sich viel stärker geltend macht als in der Nähe des Bodens, ist die Differenz der Tagesmittel während des ganzen Jahres eine geringere als die soeben besprochene. Im Winter beträgt sie meistens durchschnittlich wenig über oder unter 0°, im Sommer beiläufig die Hälfte der im obigen besprochenen.

Von grossem Interesse ist es ausserdem, den Einfluss des Waldes auf den täglichen Gang der Lufttemperatur zu kennen, da sich hieraus die für die Mittel der Tagestemperatur gefundenen Gesetze am besten erklären. (Siehe die nachfolgende Tabelle.)

Noch genauer tritt der Einfluss des Waldes auf den täglichen Gang der Lufttemperatur aus einer Beobachtungsreihe der Station Eberswalde hervor, wo im Jahre 1879 vom 15.—30. Juni 2stündige Beobachtungen durch Geh. Rat Prof. Müttrich

Zu den verschiedenen Tageszeiten war die Waldluft durchschnittlich kälter (—) oder wärmer (+) als die Luft im Freien.

Tageszeit der Beobachtung	Fritzen	Kurwien	Carlsberg	Eberswalde	Schmiedefeld	Friedrichsrode	Sonnenberg	Marienthal	Lintzel	Hadersleben	Schoo	Lahnhof	Hollerath	Hagenau	Neumath	Melkerei	Gesamt-Durchschnitt d. Beobachtungs-Netzes	Durchschnitt der sieben bayer. forst. Stationen	Württembergische Stationen
Holzarten	Ficht.	Kief.	Ficht.	Kief.	Ficht.	Buch.	Ficht.	Buch.	—	Buch.	Kief.	Buch.	Kief.	Kief.	Buch.	Buch.			
Mittel für Frühjahr (März, April, Mai) 1886 bis 1890																			
Mittl. Minim.	+ 0,33	+ 0,80	+ 0,67	+ 0,37	+ 1,30	+ 0,80	+ 1,47	+ 0,77	+ 0,17	+ 0,27	+ 0,63	+ 0,67	+ 0,80	+ 0,20	+ 0,33	+ 0,63	**+ 0,64**	+ 0,50	+ 0,40
Vormitt. 8 h	— 0,87	— 0,60	— 0,93	— 0,66	— 1,10	— 0,27	— 0,80	— 0,20	+ 0,40	+ 0,13	— 0,27	— 0,57	— 0,80	— 1,80	— 0,13	— 0,43	**— 0,56**	— 1,22	— 0,80
Nachmitt. 2 h	— 0,63	— 0,80	— 1,50	— 0,90	— 1,60	— 0,33	— 1,66	— 0,30	0,00	— 0,17	— 0,33	— 0,67	— 1,73	— 1,67	+ 0,07	— 1,27	**— 0,84**	— 1,33	— 1,00
Mittl. Maxim.	— 1,23	— 1,23	— 2,70	— 1,47	— 2,60	— 1,00	— 2,13	— 0,80	+ 0,03	— 0,13	— 0,67	— 1,13	— 2,57	— 2,13	+ 0,07	— 2,10	**— 1,37**	— 1,61	— 2,70
Mittel für Sommer (Juni, Juli, August) 1886 bis 1890																			
Mittl. Minim.	+ 0,53	+ 1,03	+ 1,13	+ 0,57	+ 1,63	+ 1,37	+ 1,87	+ 1,43	+ 0,33	+ 0,80	+ 0,90	+ 1,27	+ 1,07	+ 0,40	+ 0,93	+ 0,77	**+ 1,01**	+ 1,90	+ 1,60
Vormitt. 8 h	— 1,87	— 0,70	— 1,20	— 1,30	— 1,53	— 1,77	— 1,17	— 1,80	0,00	— 1,07	— 0,57	— 1,67	— 1,40	— 3,47	— 1,07	— 1,77	**— 1,40**	— 2,00	— 1,80
Nachmitt. 2 h	— 1,73	— 1,03	— 1,53	— 1,50	— 1,63	— 2,40	— 1,53	— 2,00	— 0,80	— 1,63	— 0,73	— 1,97	— 2,27	— 3,33	— 1,77	— 2,97	**— 1,80**	— 2,12	— 1,70
Mittl. Maxim.	— 2,37	— 1,50	— 2,77	— 2,27	— 2,40	— 4,20	— 2,30	— 2,90	— 0,53	— 2,20	— 1,30	— 3,00	— 3,73	— 4,43	— 2,40	— 4,43	**— 2,67**	— 3,95	— 4,30
Mittel für Herbst (September, Oktober, November) 1886 bis 1890																			
Mittl. Minim.	+ 0,13	+ 0,77	+ 0,90	+ 0,50	+ 1,30	+ 1,03	+ 1,57	+ 1,23	+ 0,23	+ 0,57	+ 0,70	+ 0,80	+ 0,90	+ 0,77	+ 0,43	+ 0,93	**+ 0,80**	+ 2,38	+ 0,50
Vormitt. 8 h	— 0,50	— 0,40	— 0,47	— 0,27	— 0,37	— 0,47	— 0,43	— 0,70	+ 0,47	— 0,20	— 0,10	— 0,43	— 0,27	— 1,77	— 0,47	— 0,67	**— 0,44**	— 0,50	— 0,60
Nachmitt. 2 h	— 0,90	— 0,67	— 1,00	— 0,87	— 1,17	— 1,00	— 1,37	— 1,07	— 0,37	— 0,73	— 0,73	— 1,17	— 1,27	— 1,93	— 0,80	— 1,67	**— 1,04**	— 0,79	— 0,40
Mittl. Maxim.	— 1,30	— 1,13	— 1,40	— 1,40	— 1,66	— 1,57	— 1,83	— 1,57	— 0,73	— 0,83	— 1,23	— 1,77	— 1,93	— 2,83	— 1,07	— 2,63	**— 1,55**	— 1,53	— 2,90
Mittel für Winter (Dezember, Januar, Februar) 1886 bis 1891																			
Mittl. Minim.	+ 0,30	+ 0,83	+ 0,70	+ 0,37	+ 1,27	+ 0,60	+ 1,63	+ 0,53	+ 0,28	— 0,07	+ 0,57	+ 0,60	+ 0,73	+ 0,53	— 0,03	+ 0,53	**+ 0,59**	+ 1,17	— 0,10
Vormitt. 8 h	— 0,27	+ 0,07	— 0,23	+ 0,33	+ 0,43	+ 0,27	+ 0,33	+ 0,10	+ 0,10	+ 0,13	+ 0,13	+ 0,17	+ 0,20	— 0,40	— 0,07	0,00	**+ 0,09**	+ 0,51	— 0,20
Nachmitt. 2 h	— 0,23	— 0,37	— 0,43	— 0,43	— 0,73	— 0,17	— 0,90	— 0,33	+ 0,03	+ 0,07	— 0,33	— 0,47	— 0,30	— 0,80	— 0,03	— 0,80	**— 0,39**	— 0,61	— 0,50
Mittl. Maxim.	— 0,43	— 0,50	— 1,20	— 0,43	— 0,97	— 0,43	— 1,23	— 0,70	— 0,33	+ 0,13	— 0,50	— 0,80	— 1,03	— 1,30	— 0,37	— 1,07	**— 0,71**	— 0,69	— 1,50

veranlasst wurden. Auch diese Beobachtungen zeigten, dass nachts die Waldluft wärmer (+), vom Sonnenaufgang an aber kälter (—) ist als die Luft des freien Landes und zwar im Mittel um folgende Grade Celsius:

Mitternacht	Nachts		Morgens			Mittags	Nachmittags		Abends		Nachts
12 h	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h
+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+
0,42	0,44	0,51	0,48	0,61	0,82	0,89	0,94	0,85	1,25	0,15	0,43

Als Gesamtmittel der Tagesdifferenz ergiebt sich, dass die Waldluft um 0,34° C kälter war.

Da hier die Verminderung der Insolation und jene der Strahlung sich nicht gegenseitig kompensiert haben, so tritt die Rolle, welche das Kronendach des Waldes gegenüber diesen Faktoren spielt, hier viel deutlicher hervor. Während der Nacht überwiegt der Schutz gegen die Abkühlung der untersten Luftschichten durch Strahlung, zugleich kommt dann die Abgabe von Wärme mittelst Leitung von den tagsüber erwärmten Bäumen zur Geltung, so dass bei Nacht die Waldluft meistens wärmer ist, als jene des Feldes — ein Unterschied, der im Sommer am grössten, im Winter und Frühling am kleinsten ist. Nach Sonnenaufgang beginnt schon die beschattende Wirkung der Blätter und Zweige die Temperatur zu ermässigen, was sich bis zum Eintritt des Maximums noch steigert, um dann gegen Abend wieder schwächer zu werden. Im Sommer treten diese Erscheinungen begreiflicherweise am deutlichsten hervor, während sie im Winter sich innerhalb enger Grenzen bewegen.

Zahlenmässig äussert sich dies in der geringeren Amplitude der täglichen Temperaturschwankung, welche die Waldluft gegenüber jener der Luft des freien Landes aufweist. Aus den von Dr. Müttrich in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1890 S. 385 u. ff. mitgeteilten vieljährigen Beobachtungsreihen hat Prof. Dr. P. Schreiber[64]) folgende Differenzen in Graden Celsius berechnet, um welche die monatlichen Mittel der Schwingungsweiten der täglichen Periode im Walde hinter jener im Freien zurückbleiben.

	im Frühling	im Sommer	im Herbst	im Winter	im Jahresmittel
Kiefernwald	— 1,57	— 2,77	— 2,03	— 1,07	— 1,86
Fichtenwald	— 2,87	— 3,70	— 2,63	— 1,90	— 2,77
Buchenwald	— 1,13	— 4,27	— 2,20	— 0,87	— 2,12

Die ausführlichen Details über diese Einwirkung des Waldes auf die periodischen Veränderungen der Lufttemperatur sind in der citierten umfangreichen Arbeit von Prof. Dr. Müttrich gegeben.

§ 17. Nachdem sich schon bei diesen Betrachtungen gezeigt hat, dass es vorzüglich die täglichen Maximal- und Minimaltemperaturen sind, auf welche der Wald modifizierend einwirkt, so liegt der Schluss nahe, dass die absoluten Extreme der Lufttemperatur während des Jahres ganz besonders diesen Einfluss zum ziffermässigen Ausdruck bringen müssen. Auch in praktischer Hinsicht handelt es sich, wenn von einem klimatischen Einfluss der Wälder die Sprache ist, in der Regel nur um die Abstumpfung der Temperatur-Extreme, welche für die Vegetation ebenso schädlich sind, wie für die menschliche Gesundheit. Gerade die hohe Sommerwärme und tiefen Temperaturen der Winter sind der baumlosen Ebene und dem Karstgebirge besonders charakteristisch, sie begründen das kulturfeindliche Klima der Steppe und verhindern im Verein mit dem Mangel an Feuchtigkeit die Verbreitung und das Gedeihen aller Nutzpflanzen.

---

64) Dr. P. Schreiber „Die Einwirkung des Waldes auf Klima und Witterung“. Dresden 1899. Schönfelds Verlag.

Um einen Einblick in die quantitative Wirkung, welche der Wald auf die Abminderung der Extreme ausübt, zu erhalten, habe ich die 21jährigen Beobachtungen des preussischen Netzes in bezug auf die Unterschiede zwischen den höchsten Sommertemperaturen der Wald- und Feldluft, sowie auf die Differenzen der tiefsten Wintertemperaturen (im Januar) berechnet und in der Tabelle auf Seite 36 u. 37 zusammengestellt. Als Gesamtresultat ergiebt sich hieraus nachstehender Unterschied zwischen Wald- und Feldluft in Celsius-Graden.

In bezug auf die		höchste Julitemperatur			niedrigste Januartemperatur		
beträgt		im Gesamt-Durchschnitte	höchste Differenz	niedrigste Differenz	im Gesamt-Durchschnitte	höchste Differenz	niedrigste Differenz
bei dem preussischen Beobachtungsnetz							
a. bei 1,5 m über dem Boden	1875—85	— 3,26	— 6,50	— 0,5	+ 1,50	+ 2,70	0,00
	1886—95	— 3,46	— 6,10	— 0,9	+ 1,62	+ 5,30	0,10
b. in der Baumkrone	1875—85	— 2,23	— 4,90	+ 0,2	+ 1,80	+ 3,10	0,30
	1886—95	— 2,85	— 5,40	— 0,5	+ 1,40	+ 4,00	0,10
bei dem bayerischen Beobachtungsnetz							
a. in Brusthöhe		— 4,23	— 5,30	— 3,00	+ 0,78	+ 2,10	— 0,50
bei den württembergischen Beobachtungen							
a. bei 1,5 m über dem Boden		—	— 4,70	—	—	+ 1,60	—
b. in der Baumkrone		—	— 3,10	—	—	—	—

Hiernach beträgt selbst im Durchschnitte vieljähriger, zahlreicher Beobachtungen die Abstumpfung der höchsten Julitemperatur $3^1/_4{}^0$—$4^1/_4{}^0$ C., also so viel wie oben von Woeikof als Unterschied der Julitemperatur zwischen den waldlosen und bewaldeten Ländern Indiens angegeben wurde. Ueberhaupt zeigt sich auch hier wieder, dass der Temperatur-Unterschied zwischen Feld und Wald mit wachsender Temperatur zunimmt, was von Geh. Rat Müttrich und Prof. Schubert ausführlicher nachgewiesen wurde. Das Alter der Holzbestände macht sich gleichfalls in diesen Differenzen geltend, indem die Mittelhölzer und die geschlossenen Stangenhölzer kräftiger beschirmen als junge Kulturen (Lintzel) oder sehr alte Bestände (Kurwien). Dass ausserdem auch die geographische Lage einen Einfluss auf diese mässigende Wirkung des Waldes ausübt, zeigt die Vergleichung der einzelnen Stationen: In der Lüneburger Haide, sowie in Westfriesland (Schoo) in Eberswalde, sowie in Ostpreussen (Kurwien und Fritzen) fand nur eine unbedeutende Abschwächung der höchsten Julihitze statt, deren Ursache nicht sicher angegeben werden kann. In Carlsberg (Schlesien) scheint das nach Norden vorliegende Massiv des Heuscheuergebirges die Freistation vor stärkerer Abkühlung zu schützen, während umgekehrt lokale Einflüsse in Friedrichsrode ungewöhnlich hohe Differenzen der Maxima hervorbringen, wie überhaupt die Stationen im Binnenlande eine konstante und starke Einwirkung des Waldes auf die Temperatur zeigen. Wahrscheinlich hat die herrschende Windrichtung einen grossen Einfluss auf diese Verhältnisse und es hat daher der Versuch Rivolis, die Abweichungen mit der thermischen Windrose in Zusammenhang zu bringen eine beachtenswerte Berechtigung. Auf diese Weise würden sich namentlich die Abschwächungen der Winterkälte, wie sie die folgende Tabelle zeigt, besser erklären lassen; z. Z. kann man daraus nur entnehmen, dass die Waldluft in 1,5 m Höhe die Schwankungen der winterlichen Extreme nicht mitmacht, sondern um $1{,}5^0$—$3{,}00^0$ wärmer bleibt und zwar in dem Kronenraum noch mehr als in Brusthöhe.

In wiefern aber die Holzarten und die Bestandsbeschaffenheit die Extreme der

Beobachtungs-Ergebnisse der Stationen des preussischen Beobachtungsnetzes und die höchsten und niedrigsten Lufttemperaturen

Jahr und Monat	Fritzen		Kurwien		Carlsberg		Ebers-walde		Schmiede-feld		Friedrichs-rode		Sonnen-berg		Marien-thal	
	bei 1,5 m	Baum-krone	bei 1,5 m	Baum-krone	bei 1,5 m	Baum-krone	bei 1,5 m	Baum-krone	bei 1,5 m	Baum-krone	bei 1,5 m	Baum-krone	bei 1,5 m	Baum-krone	bei 1,5 m	Baum-krone
Juli	**Unterschied der absoluten Maxima der Lufttemperatur im Juli zwischen … als jene im**															
1875	—	—	—	—	0,6	0,4	—	—	—	—	8,1	6,9	—	—	—	—
1876	2,6	2,1	0,8	+2,0	+0,5	+0,8	1,9	—	—	—	6,5	5,1	—	—	—	—
1877	2,7	2,4	1,1	+3,2	+0,2	+0,3	0,8	1,2	—	—	8,8	7,3	2,0	1,1	—	—
1878	5,4	5,0	1,2	+4,6	1,0	0,0	1,9	2,0	—	—	6,6	5,0	3,5	2,2	4,9	3,9
1879	3,3	3,1	1,6	+0,5	0,7	0,1	2,1	1,3	—	—	5,9	4,3	3,3	1,8	4,9	4,1
1880	3,8	3,5	1,5	1,1	1,4	+1,0	1,9	1,2	—	—	4,1	2,6	2,0	1,4	4,7	2,9
1881	2,3	2,1	1,8	1,7	1,4	0,1	1,6	1,2	—	—	5,0	3,9	1,7	1,3	3,2	1,6
1882	3,2	3,0	1,8	1,8	3,3	1,8	1,0	1,2	1,7	1,2	7,8	5,6	1,1	0,2	3,2	2,5
1883	2,0	1,8	2,0	0,5	1,4	+0,2	2,8	2,4	2,4	1,7	8,5	6,9	2,0	1,0	5,1	4,2
1884	4,3	3,5	2,5	2,4	3,5	1,6	2,7	1,5	1,6	1,0	4,6	1,6	1,6	0,4	5,4	3,5
1885	3,4	2,5	2,5	2,0	4,0	0,7	3,4	2,8	2,6	1,7	5,9	5,2	1,8	1,1	5,3	3,8
Mittel 1875—85	**3,3**	**2,9**	**1,7**	**+0,2**	**1,5**	**0,2**	**2,0**	**1,6**	**2,1**	**1,4**	**6,5**	**4,9**	**2,1**	**1,2**	**4,6**	**3,3**
1886	3,1	2,6	2,5	—	4,7	—	3,5	2,5	2,0	1,8	11,3	8,3	3,2	2,1	5,0	3,8
1887	2,8	2,0	2,5	—	4,0	—	3,6	2,4	3,0	2,8	7,5	6,0	4,2	3,7	5,6	3,0
1888	2,9	1,9	2,0	—	5,1	—	2,6	2,1	4,1	3,4	5,3	4,3	2,8	—	3,6	3,0
1889	2,5	1,7	1,3	—	2,8	—	1,6	1,5	2,4	2,5	5,7	5,3	1,9	—	3,8	2,8
1890	2,1	0,8	0,6	—	2,5	—	3,0	2,1	4,3	3,2	6,8	5,3	1,7	—	3,0	2,6
1891	4,4	3,7	1,0	—	4,6	—	3,4	1,7	1,4	0,8	6,6	5,2	4,0	—	3,4	3,8
1892	3,7	3,0	0,1	—	5,0	—	3,3	2,9	1,3	1,5	4,3	3,2	2,5	—	5,2	5,9
1893	5,1	—	0,5	—	2,5	—	2,9	—	1,7	—	3,8	—	2,1	—	5,7	—
1894	2,7	—	0,9	—	3,6	—	2,1	—	1,8	—	4,5	—	2,2	—	3,2	—
1895	1,8	—	0,5	—	5,2	—	2,4	—	0,2	—	5,3	—	1,3	—	5,0	—
Mittel 1886—95	**3,1**	**2,2**	**1,2**	—	**4,0**	—	**2,8**	**2,2**	**2,2**	**2,3**	**6,1**	**5,4**	**2,6**	—	**4,4**	**3,6**
Jan.	**Unterschied der absoluten Minima der Lufttemperatur im Januar … die Waldluft**															
1876	1,2	1,5	0,5	0,1	2,8	3,6	0,7	—	—	—	4,0	3,0	—	—	—	—
1877	1,2	1,0	—0,8	0,5	4,7	4,6	—0,4	—0,8	—	—	—1,0	—1,0	—	—	—	—
1878	0,8	0,7	2,4	4,8	1,4	2,5	0,2	0,6	—	—	—0,1	0,9	4,9	5,3	—	—
1879	0,3	1,0	3,4	3,8	3,3	3,7	2,1	1,9	—	—	1,5	1,6	3,7	3,5	2,9	4,5
1880	2,2	2,4	2,9	1,7	2,5	2,4	1,8	1,8	—	—	4,0	4,0	2,7	2,5	3,6	4,2
1881	2,9	2,2	2,4	3,7	3,1	3,7	2,0	1,7	—	—	3,8	4,4	6,0	5,9	5,1	5,0
1882	0,8	1,2	2,5	2,2	2,3	2,6	2,2	2,5	2,9	3,2	0,5	1,2	3,4	3,3	0,8	1,3
1883	1,9	2,1	1,5	1,1	2,5	1,8	1,0	0,0	1,5	1,7	—0,3	—0,8	1,2	0,9	0,5	1,3
1884	0,8	1,1	2,4	3,0	3,1	2,4	0,8	1,1	2,5	3,2	1,6	1,9	1,2	1,4	0,5	0,3
1885	3,7	4,0	0,6	1,0	1,5	1,6	1,4	0,9	1,2	1,3	3,3	2,9	2,4	2,3	2,1	4,1
Mittel 1876—85	**1,6**	**1,7**	**1,8**	**2,2**	**2,7**	**2,9**	**1,2**	**1,1**	**2,0**	**2,3**	**1,7**	**1,8**	**3,2**	**3,1**	**2,2**	**3,0**
1886	1,3	1,5	1,3	2,5	1,6	2,1	1,6	1,6	4,5	4,6	4,7	3,3	7,2	5,7	4,1	5,6
1887	1,5	1,5	1,9	—	5,4	—	1,3	0,7	3,9	3,5	4,4	4,0	4,0	2,9	3,3	2,7
1888	0,2	—0,6	2,5	—	3,2	—	1,5	0,2	5,3	5,5	1,9	3,0	6,9	5,6	4,8	4,7
1889	1,9	1,5	2,0	—	0,5	—	1,9	1,4	3,3	3,4	1,4	1,0	6,3	—	0,7	1,0
1890	0,2	0,3	2,3	—	1,6	—	1,1	1,1	2,8	2,8	1,6	2,5	2,9	—	4,0	4,1
1891	—0,1	—0,2	—	—	0,6	—	0,7	0,6	4,8	4,9	4,6	5,7	4,7	—	5,2	4,9
1892	0,8	—0,6	1,5	—	2,1	—	1,9	1,2	3,3	3,3	2,0	3,8	6,2	—	2,1	2,2
1893	3,1	—	2,9	—	2,1	—	1,8	—	5,3	—	3,8	—	6,0	—	0,5	—
1894	1,2	—	2,3	—	1,5	—	0,3	—	0,0	—	—0,4	—	0,0	—	—0,2	—
1895	—0,9	—	2,7	—	5,2	—	0,9	—	3,2	—	3,7	—	8,8	—	1,5	—
Mittel 1886—95	**0,9**	**0,5**	**2,2**	—	**2,4**	—	**1,3**	**1,0**	**3,6**	**4,0**	**2,8**	**3,3**	**5,3**	—	**2,7**	**3,6**

der thüringischen, braunschweigischen und elsass-lothringischen Stationen über im Freien und im Walde.

Wald und Freiem, d. h. am heissesten Julitage war die Waldluft kälter Freien um C°.

Lintzel	Hadersleben		Schoo		Lahnhof		Hollerath		Hagenau		Neumath		Melkerei	
bei 1,5 m	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone
—	—	—	—	—	—	—	5,5	5,0	4,2	—	3,8	1,8	2,2	3,2
—	—	—	—	—	—	—	1,5	1,5	3,8	1,3	3,5	2,7	2,4	2,2
—	6,2	4,6	2,0	0,5	3,6	2,8	3,7	3,5	6,1	2,6	5,0	3,9	1,6	2,3
—	3,3	2,6	1,2	0,3	4,2	3,4	3,6	2,2	6,2	1,8	5,8	3,8	6,3	6,2
—	3,5	0,5	2,2	1,0	4,5	3,9	4,4	3,7	6,0	0,4	5,2	3,1	4,8	4,7
—	5,1	1,4	1,6	1,0	3,6	2,9	4,4	3,7	6,4	1,9	7,8	6,1	3,0	2,2
—	3,5	1,4	1,6	1,1	2,6	2,2	2,9	1,7	5,9	1,7	3,8	1,7	5,3	5,7
+0,9	4,1	2,8	2,6	1,0	1,9	1,3	3,3	3,1	6,8	0,1	5,5	3,5	4,3	4,2
+0,3	3,1	1,0	0,8	0,2	3,7	3,0	5,4	4,9	6,0	3,1	4,9	3,2	5,8	5,7
1,2	5,1	2,8	0,7	0,0	4,0	3,0	3,2	3,3	5,4	1,3	2,7	1,2	5,2	4,7
1,8	4,6	3,2	0,3	+1,0	4,6	4,5	4,4	3,5	5,9	3,4	4,1	2,6	5,0	5,1
0,5	**4,3**	**2,3**	**1,6**	**0,5**	**3,6**	**3,0**	**3,8**	**3,3**	**5,7**	**1,8**	**4,7**	**3,1**	**4,2**	**4,2**
+0,4	2,4	1,3	1,2	+0,1	3,8	2,8	5,8	4,9	2,1	5,3	3,1	2,0	5,1	4,3
0,3	3,6	1,9	1,7	0,6	4,8	3,4	5,7	5,3	6,7	3,1	2,4	1,6	5,1	4,8
0,6	2,7	0,3	2,8	1,6	4,2	3,0	3,4	3,3	5,5	1,4	3,4	2,1	5,1	4,6
0,1	2,9	1,7	1,0	0,2	3,4	2,3	4,1	3,4	6,0	2,0	2,1	1,6	5,1	4,6
0,9	3,6	2,1	0,9	0,3	3,6	2,2	4,9	4,4	6,6	0,4	3,8	2,8	6,2	5,2
1,5	4,9	2,7	1,6	1,0	4,6	3,1	2,3	2,6	5,6	3,0	2,4	1,4	2,6	3,1
1,7	4,1	3,0	1,0	+0,4	4,9	3,9	6,6	5,9	5,7	1,3	3,3	2,6	5,0	4,0
1,7	4,5	—	1,2	—	2,7	—	6,1	—	5,5	—	2,6	—	4,5	—
1,5	4,2	—	1,0	—	4,1	—	6,6	—	8,0	—	5,0	—	4,4	—
1,0	3,2	—	2,0	—	4,7	—	4,0	—	8,4	—	3,7	—	3,4	—
0,9	**3,6**	**1,9**	**1,4**	**0,5**	**4,2**	**3,0**	**5,0**	**4,3**	**6,0**	**2,4**	**3,2**	**2,0**	**4,7**	**4,4**

zwischen Wald und Freiem, d. h. am kältesten Januartage war wärmer um C°.

Lintzel	Hadersleben		Schoo		Lahnhof		Hollerath		Hagenau		Neumath		Melkerei	
bei 1,5 m	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone	bei 1,5 m	Baumkrone
—	2,0	4,0	—	—	—	—	3,5	2,5	0,8	—	0,8	1,0	2,2	2,7
—	0,1	1,4	0,4	−0,3	—	—	3,0	2,6	0,9	0,3	0,0	−0,2	3,1	5,1
—	−0,5	2,2	1,1	0,2	2,0	1,5	5,0	4,6	1,2	2,6	−1,8	−1,3	3,0	4,9
—	−1,3	−0,6	1,1	0,4	2,9	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	0,1	0,0	−1,6	0,7
—	0,3	0,4	2,3	1,6	4,2	3,8	1,7	1,5	2,1	0,8	−0,7	0,0	−2,1	0,4
—	1,9	2,5	1,7	2,2	4,8	3,8	2,7	2,1	4,4	5,4	0,2	1,2	0,1	0,8
0,2	0,7	1,9	0,8	0,7	0,2	0,1	2,0	0,6	0,7	−0,1	0,7	0,9	1,3	1,4
0,2	0,1	1,1	0,2	0,1	2,0	0,9	1,7	0,9	0,6	−1,5	−0,1	0,1	0,8	0,6
0,0	−0,1	0,6	1,2	1,2	−0,4	−0,2	0,1	−0,2	3,2	1,5	0,2	−0,4	1,5	1,5
0,1	0,5	2,7	0,6	0,2	−1,6	−1,3	1,9	1,3	0,4	−1,7	0,9	−1,2	1,4	1,1
0,1	**0,4**	**1,6**	**1,1**	**0,7**	**1,8**	**1,4**	**2,4**	**1,9**	**1,7**	**1,1**	**0,0**	**0,3**	**1,0**	**1,9**
0,6	0,0	1,1	1,6	0,8	1,7	2,0	1,3	2,5	2,3	0,8	1,8	1,4	1,9	1,8
1,2	0,2	1,4	0,4	−0,2	0,9	−0,2	0,6	−0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1,3
0,5	0,4	3,4	1,2	0,4	2,5	1,3	3,4	3,0	0,5	1,3	0,8	0,3	0,3	0,0
0,3	−0,3	0,8	1,3	0,4	0,9	0,4	1,4	1,7	0,6	0,2	−0,4	−0,5	0,0	−0,4
1,4	0,2	0,5	0,2	−0,2	0,7	0,1	0,0	−0,2	0,9	0,1	−0,5	−0,5	0,7	0,6
−0,8	1,0	0,7	0,7	0,2	1,3	0,7	0,8	0,4	−3,4	2,6	−1,6	−0,9	−1,1	−1,4
−1,2	0,3	1,0	0,3	−0,1	−1,8	−1,2	1,5	1,4	−0,4	−0,5	0,9	0,6	2,0	1,6
1,4	1,5	—	1,3	—	2,0	—	2,4	—	3,0	—	−0,1	—	0,2	—
−1,4	0,1	—	0,5	—	−0,1	—	0,0	—	−0,7	—	−1,0	—	−1,3	—
−0,8	1,9	—	2,0	—	2,5	—	1,0	—	1,3	—	2,0	—	0,2	—
0,1	**0,5**	**1,3**	**1,0**	**0,2**	**1,1**	**0,4**	**1,2**	**1,2**	**0,4**	**0,7**	**0,2**	**0,1**	**0,2**	**0,5**

Luftwärme im Walde beeinflussen, ergiebt sich, wenn man das Mittel für Buchen, Fichten und Kiefern aus dieser Tabelle (S. 36 und 37) zieht,

es ist dann	die höchste Julitemperatur im Mittel 1875—85	1886—95	die kälteste Januartemperatur im Mittel 1875—85	1886—95
in den Buchenbeständen	kälter um 4,65°	um 4,37° C	wärmer um 1,18°	um 1,25° C
„ „ Fichtenbeständen	„ „ 2,56°	„ 3,38° „	„ „ 2,38°	„ 2,68° „
„ „ Kiefernbeständen	„ „ 2,30°	„ 2,85° „	„ „ 1,18°	„ 1,22° „

als die Luft im Freien in gleicher Höhe am gleichen Tage.

Demnach übt der geschlossene Buchenwald im Hochsommer einen beträchtlich grösseren Einfluss auf die Herabminderung der Extreme der Lufttemperatur aus, als der Fichten- und Kiefernwald; dagegen ist seine Einwirkung nach dem Blattabfall fast genau nur jenem des Kiefernwaldes gleich und nur halb so stark als jener des Fichtenwaldes.

Einen analogen Einfluss der wichtigsten bestandbildenden Holzarten auf die *täglichen Maxima und Minima der Lufttemperatur* haben die 14—15jährigen Beobachtungen an den Doppelstationen des preussischen Beobachtungsnetzes gezeigt, worüber ausführliche Berechnungen und graphische Darstellungen von Geh. Rat Prof. Dr. Müttrich vorliegen[65]). Aus diesen möge nur der kurze Auszug hier folgen:

Unterschiede der mittleren Maximal-Temperaturen zwischen Feld- und Waldstation.

(14 und 15jährige Mittel), d. h. in Celsius-Graden war es im Walde *kälter* um:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dezb.
in Fichtenbeständen	1,10	1,38	1,65	2,12	2,14	2,46	2,78	2,77	2,63	1,63	1,04	0,74
„ Kiefernbeständen	0,55	0,75	0,87	0,97	1,36	1,86	2,09	2,21	2,14	1,39	0,68	0,45
„ Buchenbeständen	0,59	0,58	0,43	0,22	1,45	3,18	3,46	3,09	2,60	1,37	0,55	0,48

Unterschiede der mittleren Minimal-Temperaturen zwischen Wald- und Feldstation.

In Celsius-Graden war es im Walde *wärmer* um:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dezb.
in Fichtenbeständen	1,05	0,96	0,95	0,84	1,06	1,24	1,33	1,49	1,28	0,79	0,69	0,81
„ Kiefernbeständen	0,49	0,41	0,50	0,48	0,51	0,60	0,72	0,76	0,86	0,62	0,48	0,48
„ Buchenbeständen	0,36	0,26	0,29	0,35	0,72	0,94	0,98	1,12	1,17	0,75	0,29	0,30

§ 18. Von nicht zu unterschätzender Bedeutung, namentlich für die Feuchtigkeitsverhältnisse ist ferner die Einwirkung, welche der geschlossene Wald auf die *Bodentemperatur* ausübt. Da aber der Boden selbst sich in seinen verschiedenen Schichten sehr langsam unter dem Einfluss der Sonne erwärmt, so kann nur eine beständige Beobachtung der Erdwärme in verschiedenen Tiefen hierüber Aufschluss geben. Da sich die Anführung des ausserordentlich grossen Zahlenmateriales des preussischen Beobachtungsnetzes hier durch die Rücksicht auf den Raum verbietet, so mögen nur die Differenzen der Jahresmittel, dann die bayerischen, württembergischen und schweizerischen Beobachtungen hier Platz finden (s. Tabelle Seite 39).

Aus diesen Beobachtungsresultaten lassen sich folgende allgemeine Schlüsse in bezug auf die Einwirkung, welche geschlossene Holzbestände auf den Gang der Temperatur des Bodens ausüben, ableiten:

Die *jährlichen* Mitteltemperaturen in den verschiedenen Bodenschichten sind an einem und demselben Orte nahezu gleich mit Ausnahme der Oberfläche, dagegen ist die mittlere Jahrestemperatur des *Waldbodens* in allen Bodenschichten niedriger

65) Nach Prof. Dr. Müttrich in Danckelmanns „Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen". 1890. Septemberheft.

Die Temperatur des Waldbodens war um folgende Grade (Cels.) niedriger oder höher (+) als jene des Bodens im Freien.

Stationen	Differenzen der Bodentemperatur-Mittel im Freien und Wald					
	An der Oberfläche	in 0,15 m Tiefe	in 0,3 m Tiefe	in 0,6 m Tiefe	in 0,9 m Tiefe	in 1,2 m Tiefe
A. Vieljährige Beobachtungen an den forstl. meteorolog. Stationen Preussens, Braunschweigs und Elsass[66]).						
In der mittleren Jahrestemperatur nach 9 bis 15jährigen Mittelzahlen.						
Fritzen	1,3	1,0	1,2	1,3	1,2	1,1
Kurwien	1,5	1,1	0,8	1,0	1,0	1,1
Carlsberg I	1,1	0,8	1,1	1,7	1,6	1,6
dto. II	2,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,4
Eberswalde	1,5	1,2	0,5	0,6	0,6	0,7
Schmiedefeld	1,8	1,3	1,0	0,9	1,0	0,9
Friedrichsrode	1,3	0,9	0,6	0,8	0,9	1,0
Sonnenberg	1,9	1,6	1,1	1,2	1,3	1,3
Marienthal	1,3	1,3	0,9	1,1	1,0	0,9
Lintzel	0,8	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3
Hadersleben	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
Schoo	0,7	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8
Lahnhof	1,2	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2
Hollerath	0,7	1,1	1,3	1,4	1,2	1,2
Hagenau	1,8	0,9	0,6	1,0	1,2	1,4
Neumath	2,1	1,5	1,1	1,2	1,1	1,2
Melkerei	2,4	1,2	1,3	1,5	1,4	1,5
Gesamtdurchschnitt A . .	1,42	1,02	0,90	1,05	1,04	1,07
B. Bayerische Beobachtungen, Gesamtdurchschnitt pro 1868/69.						
im Frühjahre	2,54	—	2,02	2,00	1,71	1,48
im Sommer	3,91	—	4,16	4,36	4,03	3,96
im Herbst	1,26	—	1,30	1,58	1,82	1,98
im Winter	0,26	—	+ 0,18	+ 0,10	0,05	0,18
im Jahresmittel	1,99	—	1,82	1,96	1,90	1,90
C. Württembergische Beobachtungen (1883/84) zu St. Johann, Fichtenwald.						
im Frühjahre	2,0	—	1,4	1,6	1,4	1,1
im Sommer	3,1	—	3,3	3,5	3,6	3,3
im Herbst	0,8	—	1,1	1,8	1,8	2,0
im Winter	0,0	—	+ 0,3	0,4	0,2	0,2
im Jahresmittel	1,5	—	1,4	1,8	1,7	1,6
D. Schweizer Beobachtungen.						
In der mittleren Jahrestemperatur (nach 12jährigem Durchschnitte 1869—1880).						
Interlacken (50jähr. Lärchen)	2,34	—	1,41	0,77	0,69	0,94
Bern (40jähr. Fichten . . .	2,15	—	2,53	2,77	3,04	2,84
Pruntrut (50—60jähr. Buchen)	2,40	—	1,50	1,39	1,51	1,54
In den einzelnen Jahreszeiten (nach 12jährigem Durchschnitte).						
I. Im Frühling (März, April, Mai).						
Interlacken	2,93	—	1,55	0,41	0,33	0,40
Bern	3,23	—	3,58	3,59	3,53	2,96
Pruntrut	2,46	—	1,27	1,06	1,01	1,04
II. Im Sommer (Juni, Juli, August).						
Interlacken	4,53	—	3,04	2,05	2,01	1,92
Bern	3,80	—	4,87	5,46	5,85	5,52
Pruntrut	5,13	—	3,25	2,96	3,43	3,99

66) Nach dem Jahresberichte über die Beobachtungs-Ergebnisse der forstl. meteorologischen Stationen 1897.

Die Temperatur des Waldbodens war um folgende Grade (Cels.) niedriger oder höher (+) als jene des Bodens im Freien.

Stationen	Differenzen der Bodentemperatur-Mittel im Freien und Wald					
	An der Oberfläche	in 1,5 m Tiefe	in 0,3 m Tiefe	in 0,6 m Tiefe	in 0,9 m Tiefe	in 1,2 m Tiefe
III. Im Herbst (September, Oktober, November).						
Interlacken	1,87	—	1,47	1,21	1,08	1,46
Bern	1,50	—	1,97	2,28	2,78	2,87
Pruntrut	1,88	—	1,39	1,47	1,71	1,87
IV. Im Winter (Dezember und Januar, Februar des folgenden Jahres).						
Interlacken	0,00	—	+0,44	+0,57	+0,63	+0,03
Bern	0,06	—	+0,27	+0,23	0,00	+0,01
Pruntrut	0,13	—	0,06	0,08	+0,10	0,30

als jene im Freien. Die grössten Differenzen gegenüber dem Freien zeigen die Böden in geschlossenen Fichtenbeständen, während die Differenzen in Buchenbeständen nur 1,5° C., im Lärchenbestande nur 0,7° C. und am geringsten in den Kiefernbeständen sind. Was das Verhalten in den einzelnen Jahreszeiten betrifft, so nimmt im Frühjahre die Bodentemperatur von oben nach unten im allgemeinen ab, der Waldboden ist dann durchgehends kälter als derjenige des freien Landes, während im Sommer diese Differenz ihr Maximum erreicht und am grössten im geschlossenen Fichtenbestande und im Buchenwalde, etwas geringer im Kiefern- und Lärchenbestande ist. Nach den vieljährigen Beobachtungen des preussischen Netzes sind die höchsten Monatsmittel der sommerlichen Bodentemperatur im Walde um folgende Grade Celsius niedriger als die entsprechende Bodenwärme im Freien:

bei einer Tiefe von	0 m (Oberfläche)	1,5	0,3	0,6	0,9	1,2 m
in den Buchenbeständen	4,58	3,15	3,05	3,17	2,93	2,73
„ „ Fichtenbeständen	3,90	3,32	3,02	3,10	2,80	2,53
„ „ Kiefernbeständen	3,94	2,96	2,32	2,78	2,70	2,52

Im Sommer übt daher der Wald, wie in bezug auf die Luft, so auch einen bedeutenden Einfluss auf die Ermässigung der Bodentemperatur aus. Im Herbst nimmt dagegen die Wärme im Boden von der Oberfläche nach der Tiefe zu, aber die Differenzen zwischen Waldboden und Ackerland werden geringer. Im Winter findet ebenfalls eine Zunahme der Bodenwärme mit der Tiefe statt, jedoch hat der Waldboden nahezu die gleiche Temperatur, wie jener des freien Landes oder er ist um ca. einen halben Grad wärmer als letzterer. Hieraus folgt also, dass der Kronenschirm des Waldes in dieser Jahreszeit nur sehr wenig Einwirkung auf die Bodentemperatur ausübt, analog wie dies oben hinsichtlich der Luftwärme nachgewiesen wurde. Der Einfluss der Belaubung macht sich demnach besonders im Frühjahre, Sommer und Herbst bemerkbar, namentlich verhindern die immergrünen Nadelhölzer (Fichten) gegenüber den im Frühjahre noch kahlen Lärchen und Buchen eine direkte Insolation des Bodens, so dass bis tief in den Sommer hinein der Boden des Fichtenwaldes auffallend kalt ist. Eingehende Untersuchungen über diesen Gegenstand enthalten Ebermayer „Phys. Einwirkungen des Waldes etc.“, dann J. Schubert „Der jährl. Gang der Luft- und Bodentemperatur etc.“ Berlin 1900, ferner M. W. Harrington „Forest and soil temperatures“. Americ. Meteorol. Journ. 1890/91. Bemerkenswert sind namentlich auch die Beobachtungen über Maximal-Temperaturen an der Bodenoberfläche in den russischen Steppen,

wo J. Klingen[67]) 60—66° C. nachgewiesen hat; eine solche Erhitzung des Bodens muss auch bedeutende Rückwirkungen auf die Lufttemperatur zur Folge haben.

Von allgemeiner Bedeutung werden diese Resultate dann, wenn man sich vergegenwärtigt, dass in den meisten Gegenden Deutschlands 1/4 bis 1/3 der ganzen Bodenoberfläche, im ganzen nahezu 14 Millionen ha in dieser Weise durch ihre Temperatur-Verschiedenheiten modifizierend auf die sommerlichen Extreme der durch die Insolation hervorgebrachten Wärme einwirken. Namentlich in den Hoch- und Mittelgebirgen, wo die Felsen und das nackte Gestein bei Entwaldungen der Sonneneinwirkung ohne Schutz preisgegeben sind, oder bei wasserarmen Sandböden des Tieflandes wird daher eine um 4½—5° C. höhere Mitteltemperatur des Bodens auf das Lokalklima einen bemerkbaren Einfluss ausüben. Dass aber der Unterschied zwischen den höchsten Bodentemperaturen des Waldes und Feldes bis auf 6° ja selbst 7,8° C. steigen kann, haben die Beobachtungen in Württemberg bewiesen[68]). Wie sehr der Wald den aufsteigenden Luftstrom an heissen Tagen ermässigt, davon berichten alle Luftschiffer, welche gezwungen sind, den Ballon wegen Abkühlung durch Auswerfen von Ballast zu erleichtern, sobald sie über grössere Waldflächen passieren.

In bezug auf die Gesamtwirkung aller dieser einzelnen Faktoren hat Professor Dr. Paul Schreiber in seinem Buche „Die Einwirkung des Waldes auf Klima und Witterung" den interessanten Versuch gemacht, aus den 30jährigen Beobachtungsreihen über Lufttemperatur des sächsischen meteorologischen Netzes die Grundformeln für den Einfluss der Meereshöhe, Exposition, geographischen Länge und Breite, sowie endlich der Bewaldungsziffer kleiner Rechtecke von 10 qkm Flächengrösse rechnerisch abzuleiten. Er fand, dass bei geringer Bewaldung die tatsächlich beobachteten mittleren Lufttemperaturen etwas höher, bei starker Bewaldung niedriger sind als die berechneten Mittelwerte, wie sie nach der Grundformel für den Einfluss der Höhenlage sich ergeben. Genauer ausgedrückt war diese Abweichung vom berechneten Mittel folgende:

Bei einer Bewaldung von	10%	20%	35%	55%	75%
war die Abweichung	+0,08°	+0,08°	+0,02°	—0,10°	—0,20° C.,

so dass sich im grossen Durchschnitte für jedes Prozent einer stärkeren Bewaldung eine Temperaturerniedrigung von 0,004° C. ergeben würde. Das ist (in ziemlicher Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der forstlichen Doppelstationen) eine niedrige Ziffer; allein es ist zu bedenken, dass es sich hier um Mittelwerte handelt, in denen das entgegengesetzte Verhalten des Waldes unter Tages gegen die Insolation und während der Nacht gegen die Strahlung sich bis zu einem gewissen Grade wie Plus und Minus gegenseitig aufgehoben hat. Nicht in den Jahres-Mitteltemperaturen, sondern in der Abschwächung der Temperatur-Extreme nach beiden Richtungen hin macht sich die klimatische Einwirkung des Waldes in charakteristischer Weise geltend.

§ 19. Eine wesentliche Verstärkung erhalten die im bisherigen betrachteten Faktoren durch die Mitwirkung, welche die Temperaturverschiedenheit des Holzbestandes auf die durchstreichenden Luftschichten ausübt. Eine Luftströmung, welche die Erdoberfläche berührt, wird durch den 20—30 Meter hohen Raum zwischen den Baumkronen und dem Boden des Waldes durchziehend mit den Stämmen, Zweigen, Blattorganen in häufige Berührungen kommen und deshalb von deren Temperatur um so mehr beeinflusst, je grösser der Unterschied zwischen beiden ist. Man hat deshalb in den forstlich-meteorologischen Beobachtungsnetzen auch die Temperatur der Bäume

---

67) St. Petersburger Meteorolog. Zeitschrift 1893.
68) Dr. Th. Nördlinger „Einfluss des Waldes" S. 71.

gemessen und gefunden, dass dieselbe während der Vegetationszeit stets kälter ist als die umgebende Luft, dagegen im Winter zuweilen etwas wärmer sein kann als letztere. Nach den von Prof. Dr. Ebermayer veröffentlichten Resultaten waren im Gesamtdurchschnitt des Jahres 1868/69 die Bäume um folgende Grade C. kälter als die Luft

	im Frühjahr	im Sommer	im Herbst	im Winter	im Jahresmittel
auf Brusthöhe	1,26°	1,75°	0,66°	1,27°	1,23°
in der Baumkrone	0,82°	1,17°	0,37°	0,40°	0,69°

Einen genaueren Einblick giebt die 12jährige Beobachtungsreihe der schweizerischen Stationen, deren Differenzen ich berechnet und nachfolgend zusammengestellt habe.

Die Baumtemperatur in Brusthöhe war um folgende Grade (C°) kälter (—) oder wärmer (+) als die Lufttemperatur in 3 m Höhe ausserhalb des Waldes.

Schweizer Beobachtungen.

Jahr	Station Interlacken (Lärche)	Station Bern (Fichte)	Station Pruntrut (Buche)	Station Interlacken (Lärche)	Station Bern (Fichte)	Station Pruntrut (Buche)
	Im Frühling (März, April, Mai)			Im Sommer (Juni, Juli, August)		
1869	— 1,94	— 2,40	— 1,31	— 2,97	— 3,56	— 3,23
1870	— 2,37	— 3,45	— 1,46	— 2,86	— 3,94	— 3,15
1871	— 2,25	— 3,68	— 1,60	— 3,04	— 4,39	— 3,06
1872	— 2,07	— 3,47	— 1,56	— 3,13	— 3,86	— 2,82
1873	— 1,75	— 3,21	— 1,20	— 3,64	— 4,39	— 3,70
1874	— 2,30	— 3,55	— 1,85	— 3,86	— 4,29	— 3,72
1875	— 2,98	— 3,97	— 2,33	— 3,54	— 4,06	— 3,15
1876	— 1,70	— 3,16	— 1,54	— 4,02	— 3,98	— 3,37
1877	— 1,89	— 3,29	— 1,30	— 3,67	— 4,33	— 3,29
1878	— 2,20	— 3,19	— 1,56	— 2,92	— 3,76	— 3,27
1879	— 1,71	— 3,21	— 1,17	— 2,77	— 4,04	— 2,75
1880	— 2,17	— 3,91	— 1,33	— 3,64	— 4,11	— 2,75
12jähr. Mittel	— 2,11	— 3,37	— 1,52	— 3,34	— 4,06	— 3,18
	Im Herbst (September, Oktober, November)			Im Winter (Dezember, Januar, Februar)		
1869	— 1,08	— 2,27	— 1,73	— 0,05	— 0,97	+ 0,75
1870	— 1,05	— 2,18	— 1,63	— 0,46	+ 0,38	+ 1,06
1871	— 0,82	— 1,85	— 1,07	— 0,63	+ 0,02	+ 1,16
1872	— 1,26	— 2,72	— 1,68	— 0,33	— 1,30	— 0,70
1873	— 0,88	— 1,68	— 1,62	— 0,44	— 0,89	— 0,86
1874	— 0,99	— 2,87	— 1,92	— 0,13	— 0,91	— 0,13
1875	— 0,72	— 2,26	— 1,60	— 0,29	— 1,12	— 0,08
1876	— 1,18	— 2,53	— 1,84	— 0,34	— 1,30	— 1,31
1877	— 0,74	— 2,55	— 1,62	— 0,46	— 1,27	— 1,23
1878	— 1,12	— 2,16	— 1,54	— 0,37	— 1,07	— 1,14
1879	— 0,63	— 1,90	— 0,87	— 0,20	— 1,69	— 0,40
1880	— 1,12	— 2,06	— 0,97	— 0,69	— 1,27	— 0,62
12jähr. Mittel	— 0,96	— 2,25	— 1,51	— 0,36	— 0,95	— 0,29

Auch diese Beobachtungen beweisen, dass im Sommer die grösste Abweichung der Baumtemperatur von der Luftwärme stattfindet und zwar im Mittel um 3—4° C., also erheblich mehr als nach den Beobachtungen in Bayern. Insbesondere bei der Buche und Lärche tritt der Einfluss der Belaubung im Sommer deutlich hervor, indem sich die Differenz gegenüber dem Frühling und Herbst fast verdoppelt, während die Fichte schon im Frühjahr kalt ist. Im Jahresmittel beträgt der Unterschied im Durchschnitte:

bei der Lärche (Interlacken) . . . 1,69° C.
„ „ Fichte (Bern) . . . . . 2,66° „
„ „ Buche (Pruntrut) . . . . 1,62° „

während Prof. Dr. Ebermayer folgende Unterschiede fand:

bei der	Weisstanne (Duschlberg) . .	1,12° C.
„ „	Fichte (Seeshaupt)	0,67° „
„ „	Eiche (Rohrbrunn)	1,67° „
„ „	Buche „	1,40° „
„ „	„ (Johanneskreuz) . .	1,20° „
„ „	„ (Ebrach)	0,45° „
„ „	Kiefer (Altenfurth)	2,07° „

In bezug auf den täglichen Gang der Baumtemperatur haben die obigen Untersuchungen gezeigt, dass im allgemeinen die Bäume unter tags kälter, bei Nacht aber nur unwesentlich kälter, häufig aber wärmer sind, als die umgebende Luft, wobei die unteren Stammteile meistens infolge des aufsteigenden Saftes sich der Temperatur des Bodens nähern, die oberen Partien aber mehr jener der Luft. Je dicker die Stämme sind, desto weiter bleibt ihre Wärme hinter den Extremen der Lufttemperatur zurück.

2. Einwirkung der Wälder auf den Feuchtigkeitsgrad der Luft und auf den Kreislauf des Wassers.

§ 20. Die atmosphärische Luft enthält überall und stets eine ihrer Grösse nach sehr veränderliche Menge von Wasser in Gasform aufgelöst. Da Wassergas ein koërzibles Gas ist, so gilt für dasselbe das Mariotte'sche Gesetz nur so lange, als das Maximum seiner Dichtigkeit nicht erreicht ist, und es kann deshalb bei einer bestimmten Temperatur in einem bestimmten Raume nur ein gewisses Maximum Wassergas enthalten sein, welches nicht überschritten werden kann, ohne dass der Ueberschuss zu tropfbar flüssigem Wasser kondensiert wird. Die Physiker haben auf experimentellem Wege für jeden Temperaturgrad die grösste mögliche Spannkraft und Dichte des Wasserdampfes bestimmt und da Luft und Wasserdampf gegenseitig keinen Druck auf einander ausüben, so gelten diese Angaben auch für den in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampf. Man weiss also, dass z. B. bei einer Temperatur von 0° der in der Luft in maximo enthaltene Wasserdampf einen Druck von 4,53 mm auf die Quecksilbersäule des Barometers ausübt und dass dann in 1 cbm Luft 5,4 Gramm Wasser enthalten sind, ebenso entspricht jedem Temperaturgrade eine gewisse Maximaltension und Dichtigkeit des Wassergehaltes, welche man als „Sättigungspunkt" bezeichnet. Da aber nicht jede Luft mit Wasserdunst gesättigt ist, sondern mit zunehmender Wärme sich von diesem Punkte wieder entfernt, also scheinbar trockener wird, so unterscheidet man 1) den absoluten Feuchtigkeitsgehalt, welcher die wirklich z. Z. vorhandene Menge Wassergases und zwar durch ihre Tension auf die Quecksilbersäule in Millimetern ausdrückt (den sog. „Dunstdruck") und 2) die relative Feuchtigkeit oder das Prozentverhältnis, in welchem der thatsächlich vorhandene zu dem nach Temperatur und Druck möglichen, maximalen Wasserdampfgehalt der Luft (letzterer = 100) steht. Diese Unterscheidung muss in den nachfolgenden Erörterungen streng festgehalten werden, da nur auf diese Weise ein Einblick in die Wirkung des Waldes auf die Feuchtigkeitsverhältnisse gewonnen werden kann.

Aehnlich wie dies schon bei der Besprechung der Temperaturverhältnisse betont wurde, so hängen auch die Luftfeuchtigkeit und die damit im Zusammenhange stehenden atmosphärischen Niederschläge von grossen Vorgängen, die das solare Klima bedingen, in erster Linie ab. Namentlich ist es die Verteilung der Wärme und des Luftdruckes über dem atlantischen Ozean, welche die Stärke und Richtung der dunstbeladenen Luftströmungen bestimmen und so dem Innern unseres Kontinentes in mehr oder weniger regelmässiger Periodizität stets neue atmosphärische Feuchtigkeit zuführen.

Obgleich aber diese Vorgänge hauptsächlich von dem scheinbaren Stand der Sonne abhängig sind, so verlaufen sie doch durchaus nicht mit jener Regelmässigkeit, die man bei dem mathematisch genau bekannten Gang desselben erwarten sollte, vielmehr lehrt uns jeder Tag, dass Unbeständigkeit und Unregelmässigkeit den Verlauf der Witterungserscheinungen charakterisieren. Gerade in bezug auf den Gang der Luftfeuchtigkeit machen sich die klimatischen Modifikatoren der Terraingestaltung, der Verteilung von Wasser und Land so wie der Bodenbedeckung besonders bemerkbar und es kann sich also im folgenden nur darum handeln, die modifizierende Einwirkung des mit Wald bedeckten Landes auf die Kondensation und die Wiederverdunstung des meteorischen Wassers näher zu betrachten.

Wie in § 14 gezeigt wurde, ist die Luft im Walde während des Sommers im Tagesmittel um durchschnittlich 1—2° C. kühler als im Freien, während diese Differenz der Maximaltemperatur in Buchenbeständen mehr als 4¹/₂° C. ausmacht, ausserdem besteht zwischen der Mitteltemperatur des Bodens und des Holzkörpers der Bäume gegenüber der mittleren Lufttemperatur eine Differenz, welche im allgemeinen mit der Höhe der Sommerwärme wächst. Hieraus folgt also, dass eine Luftströmung, welche durch einen geschlossenen Wald streicht, ihrem Sättigungspunkte näher gebracht d. h. relativ feuchter wird. War aber diese Luft bereits zuvor schon gesättigt, so scheidet sich bei dieser Abkühlung tropfbar flüssiges Wasser aus, so enthält z. B. eine gesättigte Luft von 15° C. pro kg 10,9 Gramm Wasserdampf, wenn sie aber um 4° C. abgekühlt wird, nur noch 8,3 gr und es wurden 2,6 gr oder 24% des gesamten Feuchtigkeitsgehaltes kondensiert — ja schon bei einer Temperaturerniedrigung von 15° auf 14° C. beträgt die Kondensation 0,7 gr von 1 kg Luft oder 6%. Die Waldbestände wirken daher während der Vegetationszeit als Kondensatoren auf die Luftfeuchtigkeit, indem sie gesättigten Luftströmungen Wasser entziehen und ihren absoluten Feuchtigkeitsgehalt (Dunstdruck) herabmindern, den relativen dagegen erhöhen, wozu noch die Vermehrung der Luftfeuchtigkeit durch die Transspiration der Blätter und Nadeln hinzutritt. Diese Erhöhung der relativen Feuchtigkeit findet überhaupt bezüglich aller vom Sättigungspunkt noch entfernten Luftströmungen im Walde statt, weshalb unserem Gefühle die Waldluft in der Regel feuchter erscheint, wie auch die Hygrometer im Walde fast stets einen höheren Prozentsatz der Sättigung anzeigen als auf freiem Felde. Im Winterhalbjahre dagegen, wo die Temperaturdifferenzen sehr geringe sind, kann auch die kondensierende Wirkung des Holzbestandes nicht gross sein und sich nur bei raschem Temperaturwechsel bemerkbar machen. Um die Einwirkung der Waldbestockung auf die Luftfeuchtigkeit zu zeigen, führe ich hier die Resultate der Parallel-Beobachtungen von 16 forstlich-meteorologischen Stationen an, wie ich sie aus den Publikationen Prof. Dr. Müttrichs für das 5jährige Mittel 1886—90 berechnet habe: (S. die Tabelle S. 45).

Diese Resultate lassen erkennen, dass hinsichtlich der relativen Feuchtigkeit die Waldluft gegenüber jener des freien Landes im Jahresmittel um mindestens 3 und höchstens 10 Prozent feuchter ist, jedoch verteilt sich dieser Unterschied sehr ungleich über die einzelnen Jahreszeiten. In den Fichtenbeständen ist schon in den Frühjahrsmonaten (März bis Mai) die Waldluft um durchschnittlich 3—9% feuchter, während in den Buchenbeständen erst nach dem Laubausbruche eine wesentliche Differenz eintritt, welche aber dann 8—13% betragen kann, die sich aber gegen den Herbst hin wieder stark vermindert. Kiefern- und Lärchenbestände lassen keine so grossen Unterschiede in der Luftfeuchtigkeit aufkommen und auch im Kronenraume der Bestände ist dieser Unterschied geringer, als in Brusthöhe. Erheblich grösser als bei den Tagesmitteln erscheint der Unterschied in der relativen Feuchtigkeit der Waldluft von jener

Die Waldluft in 1,5 m Höhe zeigte im 5jährigen Mittel eine grössere (+) oder kleinere (—) Feuchtigkeit als die Luft im Freien.

Stationen und Bestandesart	Relative Feuchtigkeits-Diff.					Dunstdrucks-Differenz				
	im Frühjahr	im Sommer	im Herbst	im Winter	im Jahresmittel	im Frühjahr	im Sommer	im Herbst	im Winter	im Jahresmittel
	Prozente					Millimeter				
I. In den Buchenbeständen										
Friedrichsrode	— 2,5	+ 7,0	+ 2,0	— 0,5	+ 1,0	— 0,40	— 0,35	— 0,15	0,00	— 0,20
Marienthal	+ 2,0	+ 9,0	+ 6,0	+ 0,5	+ 4,5	+ 0,05	0,00	+ 0,20	0,00	+ 0,10
Hadersleben	+ 0,2	+ 7,0	+ 3,8	+ 1,1	+ 3,0	0,00	+ 0,03	+ 0,07	+ 0,05	+ 0,05
Lahnhof	+ 1,3	+ 7,5	+ 5,0	+ 0,5	+ 3,0	— 0,08	— 0,15	+ 0,06	+ 0,05	— 0,05
Neumath	0,0	+ 7,0	+ 3,8	+ 0,4	+ 3,0	0,00	+ 0,21	+ 0,03	0,00	+ 0,10
Melkerei	+ 5,2	+ 10,0	+ 7,0	+ 6,0	+ 6,5	+ 0,05	— 0,16	+ 0,05	+ 0,02	0,00
Mittel für Buchen	+ 1,0	+ 7,9	+ 4,6	+ 1,9	+ 3,50	— 0,06	— 0,07	+ 0,04	+ 0,02	0,00
II. In den Fichtenbeständen										
Fritzen	+ 3,2	+ 7,5	+ 4,5	+ 0,4	+ 4,0	— 0,19	— 0,28	— 0,05	— 0,04	— 0,05
Carlsberg	+ 2,0	+ 4,0	+ 7,5	+ 0,7	+ 2,5	— 0,02	— 0,20	+ 0,02	0,00	— 0,15
Schmiedefeld	+ 4,0	+ 5,5	+ 3,5	+ 1,0	+ 4,0	— 0,42	— 0,09	+ 0,32	0,00	— 0,05
Sonnenberg	+ 6,5	+ 6,5	+ 6,0	+ 4,5	+ 6,0	0,00	— 0,05	+ 0,05	+ 0,05	0,00
Hollerath	+ 1,5	+ 3,5	+ 2,4	+ 0,4	+ 2,0	— 0,30	— 0,68	— 0,12	0,00	— 0,30
Mittel für Fichten	+ 3,4	+ 5,4	+ 4,8	+ 1,4	+ 3,70	— 0,18	— 0,26	+ 0,04	0,00	— 0,11
III. In den Kiefernbeständen										
Kurwien	+ 4,2	+ 5,0	+ 3,4	+ 2,2	+ 3,5	+ 0,19	+ 0,35	— 0,03	+ 0,09	+ 0,20
Eberswalde	+ 5,0	+ 8,0	+ 6,0	+ 3,5	+ 6,0	+ 0,17	+ 0,37	+ 0,25	+ 0,04	+ 0,20
Schoo	+ 3,0	+ 6,0	+ 5,5	+ 2,7	+ 4,5	+ 0,10	+ 0,13	+ 0,12	+ 0,07	+ 0,30
Hagenau	+ 5,5	+ 13,7	+ 7,5	+ 1,7	+ 7,5	— 0,30	— 0,32	— 0,24	+ 0,04	— 0,15
Lintzel, Culturfläche	+ 1,5	+ 5,5	+ 2,8	+ 0,9	+ 2,5	+ 0,35	+ 0,80	+ 0,42	+ 0,07	+ 0,35
Mittel für Kiefern	+ 3,8	+ 7,6	+ 5,1	+ 2,2	+ 4,80	+ 0,10	+ 0,27	+ 0,10	+ 0,06	+ 0,18

Im Vergleiche hiezu ergaben die 12jährigen Beobachtungen[69]) in der Schweiz als Differenzen

	im Frühjahr	im Sommer	im Herbst	im Winter	im Jahresmittel	
in einem Lärchenbestande	+ 2,83	+ 7,85	+ 5,45	+ 0,34	+ 4,12	Da diese Beobachtungen mit Haarhygrometern angestellt wurden, so ist der Dunstdruck nicht gemessen.
in Fichten	+ 9,59	+ 11,04	+ 10,79	+ 8,40	+ 9,96	
in Buchen	+ 2,26	+ 8,53	+ 4,18	— 0,70	+ 3,56	

Dagegen lieferten die bayerischen Beobachtungen vom Jahre 1868/69 folgende Differenzen (auf Brusthöhe)

		Rel. Frühjahr	Rel. Sommer	Rel. Herbst	Rel. Winter	Rel. Jahresmittel	Dunst. Frühjahr	Dunst. Sommer	Dunst. Herbst	Dunst. Winter	Dunst. Jahresmittel
Buchen	Rohrbrunnn	+ 2,13	+ 12,11	+ 5,13	+ 2,95	+ 5,58	+ 0,12	+ 0,27	+ 0,18	+ 0,12	+ 0,17
Buchen	Johanneskreuz	+ 8,49	+ 13,61	+ 2,21	+ 1,81	+ 6,53	+ 0,18	+ 0,19	+ 0,05	+ 0,09	+ 0,12
Buchen	Ebrach	+ 4,24	+ 7,24	+ 2,21	+ 4,32	+ 4,50	— 0,05	— 0,30	— 0,06	+ 0,07	— 0,09
Ficht.	Duschelberg	+ 7,45	+ 10,71	+ 9,04	+ 7,95	+ 8,79	— 0,06	+ 0,23	+ 0,27	+ 0,04	+ 0,12
Ficht.	Seeshaupt	+ 8,32	+ 10,77	+ 9,25	+ 5,72	+ 8,51	+ 0,13	— 0,09	+ 0,09	+ 0,21	+ 0,09
Kiefer	Altenfurth	+ 3,61	+ 1,23	+ 3,47	+ 4,23	+ 3,14	+ 0,07	— 0,37	0,00	+ 0,12	— 0,08

im Freien, so bald man nur die Nachmittagsbeobachtungen (2 Uhr) in Rechnung zieht, weil diese dem Maximum näher liegen. Gerade in dieser Abschwächung der Extreme liegt aber die praktische Bedeutung der Wirkung des Waldes. Im viel-

69) Die Schweizer Beobachtungen sind nach Jahrgängen in der I. Auflage d. B. abgedruckt.

jährigen Durchschnitt des preussischen Beobachtungsnetzes ergaben sich für diesen Zeitpunkt folgende Differenzen zwischen Wald- und Freiluft:

Unterschiede der relativen Feuchtigkeit in den	Sommermonaten,	Herbstmonaten
Stationen mit Buchenbestand	9,0%	5,6%
„ „ Fichtenbestand	6,2 „	5,6 „
„ „ Kiefernbestand	8,8 „	7,0 „

Demnach zeigen diese Beobachtungen übereinstimmend, dass in der Vegetationszeit der Wald eine beachtenswerte Einwirkung auf den Trockenheitsgrad der Luft erkennen lässt. Da man im allgemeinen eine Luft, welche zu weniger als 55% mit Wasserdunst gesättigt ist, als „sehr trocken“ bezeichnet, eine solche von 56—70% „mässig trocken“, von 71—85% aber „mässig feucht“, von 86—100% „sehr feucht“, so ist leicht einzusehen, dass eine mässig trockene Luft bei ihrem Eintritt in den Wald in kurzem schon mässig feucht sein wird, oder dass die sehr trockene wenigstens gemässigt wird; die sehr feuchte hingegen kann leicht ihren Sättigungspunkt durch Vermischung mit der Waldluft überschreiten und zu Kondensationen veranlasst werden. Was dagegen den absoluten Feuchtigkeitsgrad betrifft, so lassen die sämtlichen Beobachtungsergebnisse erkennen, dass eine konstante Zunahme des Dunstdruckes im Wald gegenüber vom Freien durchaus nicht stattfindet, sondern dass dieser fast ebenso oft kleiner ist, als im Freien; die Differenzen betragen bei den Parallelbeobachtungen in den naheliegenden Doppelstationen immer nur Bruchteile eines Millimeters Quecksilberdruck und sind bis zu einem gewissen Grade abhängig von den Temperaturdifferenzen der Luft. Es ist indessen wohl zu beachten, dass diese letzteren tatsächlich viel grösser sind, als die ihnen korrespondierende Verminderung des Dunstdruckes im Walde, denn einer Temperaturerniedrigung von 10° C. auf 9° entspricht bei gesättigter Luft schon eine Verminderung der Tension um 0,59 mm, während in der That obige Durchschnittszahlen in den Sommermonaten nur Werte von — 0,04 bis + 0,16 mm erreichen, obgleich die Temperatur im Tagesmittel des Sommers 1885 um 0,73° und im Maximum um 2,5—4,6° kälter war. Offenbar waren daher die Luftschichten im Freien weit vom Sättigungspunkt entfernt und es erhöhte die Verdunstung der Blätter und Nadeln gleichzeitig den absoluten Feuchtigkeitsgrad, so dass die Tension grösser wird, als sie nach dem Verhältnisse der Temperatur sein sollte. Hiermit stehen im Einklange die Ergebnisse der Berechnungen von Jahresmitteln des Dunstdruckes im Vergleiche zu den wirklich beobachteten Grössen der Tension, wie sie Prof. Dr. P. Schreiber l. c. für Sachsen angiebt. Letztere zeigen nämlich für waldreichere Gegenden einen durchschnittlich etwas höheren Dunstdruck, für waldarme einen niedrigeren, als der betreffenden Seehöhe entsprechen würde, z. B.

bei einem Bewaldungsprozent von	2%	10%	20%	65%	82%
eine Dunstdruck-Abweichung gegen das berechnete Normale von	—0,2	—0,1 bis —0,2	0,0	+0,3	+0,3 mm

Da aber die Moleküle aller Gase das Bestreben haben, sich geradlinig von einander zu entfernen, so muss notwendigerweise eine lebhafte Diffusion der Wassergasteilchen in der Atmosphäre stattfinden, welche grosse graduelle örtliche Verschiedenheiten nicht zustande kommen lässt. Ausserdem trägt die Luftbewegung durch Zirkulationsströmungen und Winde zur Ausgleichung der Luftschichten im Walde und seiner Umgebung bei, wie sich ja dem blossen Auge durch die breiten Nebelstreifen zu erkennen giebt, die bei feuchtem Wetter sich aus dem Walde verbreiten. Dieser Vorgang ist namentlich bezüglich der Taubildung von Wichtigkeit, wenn die Ausstrahlung des Bodens und der Gewächse nachts die umgebende Luft unter ihren Sättigungspunkt abkühlt; die feuchte Waldluft wird bei ihrer Verbreitung auf die benachbarten Felder

dann viel ausgiebiger Tau ausscheiden als z. B. die Steppenluft oder jene über ausgedehnten Feldfluren und es ist jedem Forstmanne bekannt, wie intensiv die Tauniederschläge auf den Schlägen und Waldwiesen sind gegenüber denjenigen des freien Landes. Im Innern der Bestände ist freilich die Taubildung durch die Verhinderung der nächtlichen Strahlung unter dem Schirm der Baumkrone sehr behindert, besonders in Buchenstangenhölzern, wo Tau nur in seltenen Fällen beobachtet wird, dafür scheiden aber die angrenzenden Felder um so reichlicher Tau aus der relativ feuchteren Luft, die ihnen aus dem Walde zuströmt, ab. Diese Beobachtung konnte man in dem bekanntlich so trockenen Jahrgange 1893 an den Kleefeldern in der Nähe von Waldungen häufig machen.

§ 21. Hier schliesst sich von selbst die Frage an: wie verhält sich der Wald in bezug auf die atmosphärischen Niederschläge?

Unter den Naturforschern hatte Saussure d. Ae. zuerst auf die Rolle, welche der Wald in der Modifikation der atmosphärischen Niederschläge spielt, aufmerksam gemacht, er schrieb namentlich den in den Schweizer Alpen vorgekommenen Entwaldungen einen grossen Einfluss auf die Verminderung der Regenmengen und des Wasserstandes im Genfer See, dann im Neufchateler, Brienzer und Murten-See zu. Auch Alex. von Humboldt hat an verschiedenen Stellen seiner Werke auf den Zusammenhang zwischen der Entwaldung der tropischen Länder und der Verminderung der Gewässer hingewiesen, so z. B. auf den See von Aragua, dessen Sinken und späteres Steigen mit den Perioden der Abholzung und der Wiederbewaldung zeitlich zusammenfiel. Ferner sammelte Boussingault eine Reihe von Einzel-Beobachtungen, aus welchen er den allgemeinen Schluss zog, dass das Abtreiben grosser Wälder die Regenmenge vermindere und die Verdunstung der gefallenen Niederschläge beschleunige.

Die ältesten Parallelbeobachtungen über diese Frage wurden im Jahre 1826 und 1827 in Tübingen und Bebenhausen angestellt, wobei letztere, in waldreicher Gegend liegende Station 22 Prozent mehr Regensumme ergab als Tübingen; da indessen die Einwirkung der Höhenlage mit ihrem beträchtlichen Einflusse auf die Niederschlagsmengen nicht eliminiert war, so liess sich diese Tatsache nicht als stichhaltiger Beweis für die Einwirkung des Waldes anführen. Ueberhaupt ist zu beachten, dass in der Litteratur über diese Frage häufig eine Vermengung des Einflusses, den die Seehöhe der Gebirgslagen auf die Zunahme der Regenmengen zweifellos ausübt, mit dem so schwierig messbaren Einflusse der Waldbestockung stattgefunden hat. So nennt Dove, der bekannte Meteorologe, den Harz den „Hauptkondensator für Norddeutschland“. Auch in den übrigen deutschen Gebirgen ist es sehr schwierig, auszuscheiden, wie viel Anteil die Zunahme der absoluten Höhe und wie viel die mit der Höhenlage steigende Bewaldungsziffer an der Mehrung der Niederschlagsmengen hat (vergl. die Verteilung der Wälder nach Höhenregionen auf S. 20). Wenn daher neuerdings Formeln aufgestellt werden, die eine Berechnung der Jahressummen der Niederschläge als eine Funktion der Seehöhen bezwecken, so ist wenigstens in Deutschland meistens schon implicite die Wirkung der Bewaldung hierin enthalten und man kann nicht mit Sicherheit nachträglich noch einen gesonderten Einfluss der Bewaldungsziffer rechnerisch feststellen.

Dem gegenüber suchte Prof. Dr. Hofmann in Giessen aus seinen Beobachtungen den Nachweis zu liefern, dass Entwaldungen keinen Einfluss auf die Regenmenge ausüben[70]). Es folgten dann in Frankreich die Beobachtungen von Becquerel über den Einfluss der Wälder auf Niederschlag, in Deutschland von E. Ebermayer, welcher mit selbst konstruierten sinnreichen Verdunstungsmessern (Evaporationsapparaten)

70) Allg. Forst- u. Jagdz. 1861. S. 134.

den Kreis der Beobachtungen erheblich erweiterte. Ausser den 12jährigen schweizerischen Beobachtungen im Kanton Bern, dann jenen im Kanton Zürich (Adlisberg und Haidenhaus) fanden 1867—77 zu Nancy solche durch Mathieu und in der Domaine Halatte solche durch Fautrat und Sartiaux statt, während durch E. Purkyne in Böhmen ein ausgedehntes ombrometrisches Beobachtungsnetz eingerichtet wurde. Nimmt man hiezu noch die in den deutschen Staaten seit 1875 begonnenen 22jährigen Untersuchungen über Regenfall und Verdunstung, sowie jene in Italien (Vallombrosa) und Oesterreich (Mariabrunn), so ergiebt sich ein ausserordentlich grosses Beobachtungsmaterial, das aber nur teilweise publiziert ist und dessen Bewältigung über den Rahmen dieser Schrift hinausgeht. Ich führe daher zunächst die Zusammenstellungen an, welche ich aus den Veröffentlichungen der Monatssummen für Niederschläge und Verdunstung des Prof. Dr. Müttrich berechnet habe.

Jahressummen der atmosphärischen Niederschläge und der Verdunstungsgrösse auf den forstl.-meteorolog. Stationen.

Stationen	Seehöhe m	Holzart und Alter	Niederschlagsmenge in mm Höhe			Prozent-Verhältnis Freies: Wald	Verdunstung pro Jahr in mm Höhe		
			im Freien	im Walde	Differenz		im Freien	im Walde	Prozent-Verhältnis Freies: Wald
A. Preussisches Netz. Mittel aus 10 Jahrgängen 1876—85.									
Fritzen	30	46—56jähr. Fichten	649,7	447,5	202,2	69%	261,8	125,0	47,7%
Kurwien	124	80—140j. Kiefern	623,8	495,2	128,6	79%	277,2	129,5	46,7%
Carlsberg	690	55—66j. Fichten	987,6	935,0	52,6	95%	268,8	95,9	35,5%
Eberswalde	42	45—56j. Kiefern	556,3	424,9	131,4	76%	414,2	187,4	45,2%
Schmiedefeld	680	60—80j. Fichten	1275,2	962,1	313,1	75%	—	—	—
Friedrichsrode	353	65—85j. Buchen	672,8	525,4	147,4	78%	381,8	139,6	36,5%
Sonnenberg	774	45—56j. Fichten	1408,9	1207,0	201,9	86%	212,5	113,2	53,2%
Marienthal	143	60—70j. Buchen	570,5	405,2	165,3	71%	385,6	150,5	39,0%
Lintzel	95	Lüneburger Haide	591,7	558,1	33,6	94%	417,1	377,5	90,3%
Hadersleben	34	70—80j. Buchen	764,4	602,4	162,0	79%	268,6	121,0	45,0%
Schoo	3	20—30j. Kiefern	721,0	477,7	343,3	66%	398,5	134,1	33,6%
Lahnhof	602	70—80j. Buchen	1122,3	809,8	312,5	72%	272,1	124,6	45,7%
Hollerath	612	45—56j. Fichten	972,1	623,7	348,4	64%	254,6	133,5	52,0%
Hagenau	145	55—76j. Kiefern	802,5	586,2	216,3	73%	366,4	151,9	41,3%
Neumath	340	55—76j. Buchen	820,2	667,0	153,2	81%	491,7	156,1	31,6%
Melkerei	930	60—90j. Buchen	1775,1	1325,5	449,6	75%	333,0	148,7	44,5%
B. Bayerisches Netz. Mittel aus 10 Jahrgängen 1868—79 und 1882—91.									
Altenfurt	325	36—46j. Kiefern	689,1	463,3	225,8	67,2%	435,7	194,0	55,5%
Ebrach	381	50—60j. Fichten	678,2	524,2	154,0	77,2%	511,5	232,9	54,4%
Rohrbrunn	477	60—70j. Buchen	1039,7	893,6	146,1	85,6%	561,5	227,9	59,4%
Johanneskreuz	477	60—70j. Buchen	898,7	720,8	177,9	80,1%	471,9	236,6	49,8%
Seeshaupt	595	40—50j. Fichten	1241,2	947,2	294,0	76,3%	547,2	214,6	60,8%
Hirschhorn	777	65—75j. Fichten	1358,0	1005,7	352,3	73,4%	388,6	162,7	58,1%
Duschlberg	902	40—50j. Fichten	1210,2	966,2	244,0	79,8%	340,4	173,7	48,9%
Falleck	1132	120—130j. Fichten	2144,3	909,9	1234,4	42,4%	—	—	—
C. Schweizer Netz. Mittel aus 12 Jahrgängen 1869—80.									
Interlacken	800	50—62j. Lärchen	1579,1	1341,5	237,6	85%	Hier wurden keine Verdunstungs-Messungen angestellt.		
Bern	500	40—52j. Fichten	1380,9	1067,6	313,3	77%			
Pruntrut	450	50—72j. Buchen	1927,3	1733,8	193,5	90%			

Will man diese Niederschlagshöhen der Freistationen mit jenen der allgemein meteorologischen Stationen vergleichen, so ist zunächst zu bedenken, dass die Meeres-

höhe der Beobachtungsorte einen durch eine Gleichung darstellbaren Einfluss auf die Regenmenge ausübt, weil das Emporsteigen der Luftmassen aus Gegenden mit höherem Barometerstand in die dünneren Luftschichten der hoch gelegenen Orte eine Volumvergrösserung und infolge dessen eine Bindung von Wärme mit sich bringt. Die relative Feuchtigkeit muss daher mit der Erhebung eines Luftstromes steigen und Kondensationsvorgänge werden deshalb leichter und ausgiebiger stattfinden: ferner ist in hoch gelegenen Orten die nächtliche Abkühlung durch Strahlung beträchtlicher als im dunstreichen Tieflande. Aus diesen Gründen nimmt daher in der Regel die Regenhöhe mit der Meereshöhe zu, wenn auch keine einfache Proportionalität zwischen beiden stattfindet und obgleich bei Regenmessungen an einem und demselben Orte die höher z. B. auf Türmen aufgestellten Regenmesser kleinere Niederschlagsmengen zeigen als die tiefer in der Nähe des Bodens befindlichen. Ordnet man daher die Niederschlagsmengen der Freistationen nach Meereshöhen, so findet man gleichfalls diese Zunahme mit dem Wachsen derselben deutlich ausgedrückt.

Um einen Vergleich mit den bisher schon bekannten Tatsachen zu ermöglichen, fasse ich obige Resultate nach Höhenregionen von 100 m Vertikalabstand zusammen und stelle ihnen die für gleiche Regionen berechneten Mittelwerte aus 192 Stationen gegenüber, wie sie Dr. van Bebber angiebt[71]):

Höhenregionen	m 1—100	100—200	300—400	600—700	700—800	900—1000 m
Mittel aus obigen: mm	656,6	665,4	746,5	1089,3	1408,9	1775,1 mm
nach Dr. van Bebber	648,6	582,8	696,2	915,3	981,3	963,6 „
Differenz mm	+ 8,0	+ 82,6	+ 50,3	+ 174,0	+ 427,6	+ 811,5 „

Daraus folgt, dass die Resultate der forstlichen Stationen (im Freien) in der norddeutschen Ebene nur unbedeutend von dem aus grossen Durchschnitten abgeleiteten Mittel für das Tiefland abweichen, nämlich 8 mm = 1,25%; allein schon in der mässigen Höhe von 100—200 m macht sich die Erhöhung der Regenmenge bemerkbar (= 14,2%), steigt dann bei 600—700 m auf **19,0%**, bei 700—800 m auf **43,7%** und bei 900—1000 m sogar auf **84,2%** der zum Vergleiche dienenden Durchschnittszahlen!

Wenn auch diese Beobachtungsweise nur annähernde Ergebnisse liefern kann, so scheint mir doch der Einfluss, welchen der Gebirgswald auf die Kondensation der atmosphärischen Niederschläge ausübt, hieraus mit ziemlicher Deutlichkeit hervorzugehen. Die Notwendigkeit weiterer, umfassenderer Vergleichungen namentlich mittelst der neugeschaffenen ombrometrischen Netze ist zuzugeben; denn nur durch Heranziehung zahlreicher, womöglich gleichzeitiger Beobachtungen nach der statistischen Methode und nach dem Gesetze der grossen Zahlen, vielleicht auch durch direkte komparative Messungen in waldlosen und reich bewaldeten Gegenden von sonst gleicher Lage, lässt sich diese wichtige und z. Z. noch von einzelnen widersprochene Frage definitiv lösen, was jetzt nicht möglich ist. Versuche nach dieser Richtung hin sind schon auf kleineren Gebieten gemacht worden. So hat Professor Dr. Landolt[72]) die Niederschlagsmengen auf den Regenstationen des Kantons Zürich und seiner Umgebung im 12jährigen Mittel 1877—88 nach Höhenregionen ausgeschieden und auch die Einwirkung der Jahreszeiten auf die Regenmengen ermittelt. Er fand eine Zunahme der Niederschlagshöhe um ca. 250 mm auf je 100 m Seehöhe Steigung, neben der sich auch der Einfluss des See's deutlich bemerkbar machte. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommerhalbjahr war im Durchschnitt 13 : 7, nahm aber mit der Seehöhe zu bis zu 65 : 35. Die

71) Dr. J. van Bebber „Die Regenverhältnisse Deutschlands". München 1877. Th. Ackermann S. 31.

72) Schweizerische Zeitschrift f. d. Forstwesen 1890. 1. Heft.

Vergleichung zwischen den verschiedenen Bewaldungsziffern der nach Regenhöhen angeordneten Gebieten ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung:

Regenhöhe pro Jahr	Bewaldungsziffer	Regenhöhe pro Jahr	Bewaldungsziffer
800—900 mm	35%	1200—1300 mm	27%
900—1000 „	30 „	1300—1400 „	28 „
1000—1100 „	28 „	1400—1500 „	31 „
1100—1200 „	31 „	über 1500 „	48 „

Somit entspricht zwar dem höchsten Bewaldungsprozent auch die grösste Regenhöhe im Jahre, aber die übrigen Zahlen zeigen doch keine konstante Gesetzmässigkeit, vermutlich weil die in dem Gebiete enthaltenen Seeflächen des Züricher- und Zuger-Sees, des Greifensees und Pfäffikersees sowie die fliessenden Gewässer mannigfach ihren klimatischen Einfluss äussern, dann auch wegen der ziemlich gleichartigen Bewaldung des Kantons.

Auf ein umfangreiches Material gestützt unternahm Professor Dr. Paul Schreiber (l. c.) die Bearbeitung dieser meteorologisch-statistischen Frage für das Königreich Sachsen, indem er mittelst Ausgleichungsrechnung die vieljährigen Beobachtungsergebnisse an den Regenmessstationen zur Ableitung der Konstanten für die Gleichungen benützte, welche die Abhängigkeit der Regenmenge pro Jahr von der Seehöhe des Ortes darstellen. Hieraus lassen sich die einer jeden Meereshöhe entsprechenden normalen Regenhöhen berechnen, womit dann die konkreten, beobachteten verglichen wurden. Indem wir auf diese interessante Arbeit selbst verweisen, heben wir nur einige der wichtigsten Schlussfolgerungen hervor.

„Der ganze nördliche Streifen Sachsens ist im Verhältnis zu seiner Meereshöhe zu trocken, doch ist es auffallend, dass hier einige der Forststationen grössere Regenhöhen aufweisen. Ebenso ist der mittlere Streifen, westlich von Dresden, relativ arm an Regen, während dagegen das schluchtenreiche Terrain der sächsischen Schweiz (östlich von Dresden) auf die Regenmenge vermehrend einwirkt, falls nicht die Gewitterzüge von Böhmen her durch das Elbethal oder durch die Lücke zwischen Erzgebirge und den Lausitzer Bergen nach diesen Gegenden gelangen. Die südlichsten Stationen zeigen ein verschiedenes Verhalten. Mit dem Ansteigen nach dem Gebirgskamme, wo die Gegend mehr den Charakter von Hochebenen hat, tritt eine Verminderung der Regenmengen ein. — Aus sämtlichen Berechnungen zieht Schreiber den Schluss, dass ein vollständig mit Wald bedecktes Terrain ungefähr ebensoviel Niederschlag erhalten würde, als etwa 200 m höher liegende kahle Flächen." Hiezu ist nur zu bemerken, dass eine senkrechte Erhebung um 200 m schon beträchtliche Aenderungen in klimatischer Beziehung zur Folge hat und in allen Gebirgen als erheblich angesehen wird.

§ 22. Die Parallelbeobachtungen der forstlich-meteorologischen Stationen können schon ihrer relativ geringen Anzahl wegen nicht so viel zur Lösung der Frage der Einwirkung des Waldes auf das Entstehen und die Quantität Regenmenge beitragen, als man wohl ursprünglich erhoffte, weil dieses Problem vorzugsweise nach der statistischen Methode zu lösen ist. Dagegen liefern dieselben ein wertvolles experimentelles Material für die Erkenntnis der Rolle, die der Wald gegenüber den zu Stande gekommenen Niederschlägen spielt. Zunächst gestatten uns die Parallelbeobachtungen, das Verhältnis zwischen dem gefallenen und dem durch die Zweige und Blätter des Kronenraumes aufgefangenen Quantum der atmosphärischen Niederschläge zu ermitteln.

Nach den oben mitgeteilten Jahressummen des preussischen Beobachtungsnetzes ist im zehnjährigen Mittel von den gesamten Niederschlägen an Regen und Schnee

	zu Boden gelangt	auf den Bäumen verdunstet
in den Buchenbeständen durchschnittlich	76%	24%

	zu Boden gelangt	auf den Bäumen verdunstet
in den Fichtenbeständen durchschnittlich	78%	22%
„ „ Kiefernbeständen „	73 „	27 „

Nach Prof. Dr. Ebermayers Mitteilungen der bayerischen Beobachtungsergebnisse:

in den Buchenbeständen durchschnittlich	78%	22%
„ „ Fichtenbeständen „	73 „	27 „
„ dem Kiefernbestande „	66 „	34 „
Mithin im Durchsch. aller Beobachtungen	77%	23%

Nach den Messungen auf den Stationen der Schweiz im Kanton Bern im 12jährigen Mittel

in dem Lärchenbestande	85%	15%
„ „ Fichtenbestande	77 „	23 „
„ „ Buchenbestande	90 „	10 „

Bemerkenswert sind ferner die im Kanton Zürich von Professor Dr. Bühler angestellten Untersuchungen über den Einfluss des Alters der Bestände auf die Menge der zu Boden gelangten Niederschläge, nach diesem kamen in 2—3jährigem Jahres-Durchschnitte bei dichtem Kronenschlusse zu Boden:

in Buchenbeständen von	20jähr.	50jähr.	60jähr.	90jähr. Alter
im Jahresdurchschnitte	98%	73%	77%	83%
auf den Bäumen zurückgehalten	2 „	27 „	23 „	17 „

also ist in dem jugendlichen Alter nur sehr wenig, in Mittelhölzern dagegen am meisten auf den Zweigen verblieben.

Im Wienerwalde wurden 1894 und 95 von Dr. Hoppe an 4 Stationen ausgedehnte Regen-Messungen in Beständen verschiedenen Alters und verschiedener Bestockung ausgeführt, welche zeigten, dass namentlich die Stärke der Regenfälle von Einfluss auf die Menge des von den Baumkronen zurückgehaltenen Wassers ist; intensive Regen dringen besser zu Boden, während leichte Sprühregen bis zu 70% auf den Bäumen haften und dem Boden entgehen. Im Durchschnitt hielten daselbst die 80—90jährigen Buchenbestände 20—22%, die Kiefern 24%, die Fichten 41% der Niederschläge zurück.

Es empfängt demnach der Waldboden nur ca. drei Viertel aller Niederschläge des Jahres, fast 1/4 davon bleibt an den Blattorganen und Zweigen hängen, im allgemeinen halten, wie die vorstehenden Beobachtungen zeigen, die immergrünen Nadelhölzer mehr Niederschläge ab als die winterkahlen Laubhölzer, dicht geschlossene Bestände mehr als gelichtete, Kiefern mehr als Fichten von gleichem Alter. Von diesem zurückgehaltenen Wasser verdunstet nur ein bestimmter Teil, der andere fliesst allmählich dem Stamme entlang in den Boden. Die Menge dieses an den Baumstämmen abfliessenden Wassers wurde sowohl an den bayerischen Stationen Hirschhorn und Johanniskreuz, als auch an der österreichischen Versuchsanstalt Mariabrunn[73]) gemessen; der Betrag ist nur klein, z. B. in Hirschhorn im 10jährigen Mittel 5 mm bei einer durchschnittlichen Niederschlagshöhe von 1348 mm im Freien, also 0,37% der gefallenen Regenmenge, auch in Mariabrunn liefen an einem Fichtenstamme nur 1,3%, dagegen an einer Eiche 5,7%, an einem Ahorn 5,9% und an einer Buche sogar 12,8% der Niederschläge entlang dem Stamme zu Boden. Aehnliche Beobachtungen wurden in Frankreich an den Stationen Cinq-Tranchées und Bellefontaine angestellt, wo gleichfalls die

73) Mitteilungen aus dem forstl. Versuchswesen Oesterreichs. XXI. Heft. Wien 1896.

ablaufenden Mengen gemessen worden sind[74]). Insbesondere zeigten die Untersuchungen in Oesterreich von Dr. Hoppe, dass Holzarten mit aufwärts gerichteten Aesten mehr Wasser am Stamme ableiten als solche mit horizontal auslaufenden oder gar mit hängenden Aesten. Jedenfalls bricht sich also schon auf diesem Wege die mechanische Gewalt der Platzregen in dem Kronenraume des Waldes, was für die Erhaltung des Bodens gegen Auswaschung und Abschwemmung wichtig ist. Die zerstäubenden und verdunstenden Wasserteilchen aber tragen zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit bei und wirken ähnlich, wie die künstlichen Zerstäubungsapparate, die der Gärtner in Gewächshäusern anwendet.

Diese grosse Flächenausbreitung, welche in der Verästelung der Zweige und der Blattspreitenentwicklung sich ausspricht und mittelst deren die Bäume in den Stand gesetzt sind, mit grossen Luftmengen in innige Berührung zu kommen, äussert sicherlich aber auch ihren Einfluss auf die Luftstauung und Sammlung der zur Kondensation gelangenden Teile der Luftfeuchtigkeit. Man braucht deshalb nicht zu der Annahme zu greifen, als ob der Wald die meteorischen Vorgänge in den Höhen der Atmosphäre selbst wesentlich modifiziere, um es dennoch begreiflich zu finden, dass dieses mächtige Hemmnis für den Wind zur Erhaltung der Feuchtigkeit beitrage. In diesem Sinne führe ich eine vergleichende Messung der französischen Stationen Cinq-Tranchées und Amance im 7jährigen Mittel an: welche beide bei Nancy in 380 m Seehöhe auf Oolith-Plateaus liegen, von denen aber die erstere auf einer Wiese inmitten grosser Wälder, die andere in fast waldloser Gegend sich befindet. Der Regenmesser der Freistation ergab im Durchschnitte eine Regenhöhe in Millimetern

	für Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahresmittel
in Cinq Tranchées	159	187	193	212	751 mm
in Amance	149	165	157	177	648 „
auf der Waldwiese mehr	10	22	36	35	103 mm

Offenbar liegt der Grund dieser Erhöhung der Regenmenge um fast 16 Prozente vorzüglich in der Verzögerung der Bewegung der zur Kondensation gelangenden Luftschichten, was schon daraus folgt, dass im Herbst und Winter, wo die Regenwolken sehr tief ziehen, diese Wirkung grösser war als im Frühjahr und Sommer.

Hier ist auch der gleichfalls in Frankreich auf der 5000 ha grossen Forst-Domaine Halatte von Fautrat und Sartiaux ausgeführten Regenmessungen zu gedenken, welche über dem Kronenraume eines Laubholzniederwaldes (7 m darüber) und eines Kiefernwaldes (3 m darüber) die Regenmesser beobachteten und im Durchschnitte der 4 Jahre 1874—77 folgende Regenhöhen fanden:

	über den Gipfeln	im Freien	Differenz
bei Laubholz	655,0	631,0	24,0 mm
bei Nadelholz	667,0	610,2	56,8 „

Es zeigte sich somit durchgehends eine wenn auch nicht sehr bedeutende Vermehrung der Niederschlagsmenge über den Kronen des Waldes gegenüber dem freien Lande.

Als einen, wenn auch nicht ganz einwandfreien Nachweis des Einflusses, welchen der auf einer Haidefläche begründete, allmählich heranwachsende Wald auf die Regenmenge ausübt, kann man die Regenmessungen der Station Lintzel in der Lüneburger Haide anführen: die Niederschlagshöhen betrugen in Prozenten des Mittels seit 1882 bis 1888 jährlich 81,8 86,3 95,2 99,8 100,6 103,7 103,9 Prozente; sie zeigen also eine konstante Zunahme, worüber Dr. Müttrich in der Zeitschrift f. F. u. J. 1892 Ja-

---

74) Näheres hierüber siehe v. Seckendorff „Die forstl. Verhältnisse Frankreichs“. Leipzig 1879.

nuarheft ausführlich berichtete. Eine ähnliche Beobachtung aus britisch Indien führt Dr. Völker[75]) nach den Beobachtungen von R. H. Elliot an. Die grossen staatlichen und privaten Waldanlagen bei Ootacamund haben die Zahl der Tage mit lokalen Regenniederschlägen in den Monaten März bis Mai von dem 5jährigen Mittel 1870—74 bis zu jenem von 1886—90 erheblich vermehrt und zwar durchschnittlich von 24 auf 29 Tage, die Zahl der Regentage innerhalb des ganzen Jahres, excl. der Monsunperiode stieg von 75 auf 83 durchschnittlich. Dr. J. Nisbet führte 1895 in der „Calcutta Review" eine Reihe weiterer analoger Tatsachen an, auf die hier nur verwiesen werden kann.

Fasst man die verschiedenen besprochenen einzelnen Punkte zusammen, so ergiebt sich, dass eine Reihe von physikalischen Faktoren dahin wirken, dass der geschlossene Wald vermöge seiner kühleren Temperatur, seiner feuchteren Luft und seiner Fähigkeit, die Bewegung der Luft abzuschwächen, ein vorzüglicher Kondensator für den Wasserdunst der atmosphärischen Luft ist. Diese Eigenschaft tritt in höheren Lagen und im Gebirge schärfer hervor als im Tieflande und in der Nähe der Seeküste, wo andere Einflüsse diese Wirkung mehr verdecken. Ob aber unter allen Umständen eine direkte Vermehrung der Niederschlagsmengen durch den Wald erfolgen müsse, oder ob nicht die herrschenden Windrichtungen sowie die Terrainausformung auch Ausnahmen von der Regel, dass Orte in der Nähe grosser Waldungen grössere Regenhöhen als ferner gelegene unter sonst gleichen Verhältnissen aufweisen, begründen können, müssen erst weitere Untersuchungen lehren.

Als eine direkte Bestätigung dieser aus den meteorologischen Beobachtungen abgeleiteten Regel durch die praktische Erfahrung möchte die Wirkung der Steppenaufforstungen in Südrussland zu betrachten sein. Der Direktor des kais. russ. Forstintsituts zu St. Petersburg Herr von Kern teilte mir in dieser Hinsicht gütigst mit, dass im Gouv. Eckaterinoslaw Kreis Mariupol seit dem Jahre 1843—83 beiläufig 2000 ha Forstkulturen in der offenen Lage der hohen Steppe, also in ganz exponierter Lage gemacht wurden, welche nun schon bis 60jährige Bestände ergaben. Die Einwohner des Dorfes Blagodatnoë und der Nachbardörfer, welche an den neubegründeten Wald „Weliko Anadol" anstossen, behaupten, dass seitdem der Wald herangewachsen ist, sich die Sommerregen in bemerkenswerter Weise vermehrt haben; die dort früher so gefürchtete Sommerdürre schade den Weizenfeldern viel weniger als ehedem und die Erträge sind infolge dessen durchschnittlich gestiegen. Eine weitere günstige Folge dieser Aufforstungen besteht in dem Schutz, welchen diese Ortschaften gegen die winterlichen Schneestürme (Buran) durch den Wald erfahren, deren Gewalt sehr augenfällig abgeschwächt wurde.

Seit 1890 wurden diese Aufforstungen in Weliko Anadol zu einem gewissen Abschlusse gebracht und darin behufs genauer wissenschaftlicher Konstatierung der klimatischen Wirkungen des Waldes zwei dauernde meteorologische Beobachtungsstationen angelegt, wovon sich eine in der offenen Steppe, die andere in den Kulturen befindet[76]). Im Mittel der Jahrgänge 1893—97 war die jährliche Niederschlagshöhe im Freien 454,3 mm, im neubegründeten Walde 562,9 mm, also hier um 23,9% mehr, trotzdem die Feldstation ein wenig höher liegt als jene im Walde. Ausserdem wurden zeitweise mit 8 Regenstationen nach Art der Radialstationen Beobachtungen angestellt. Die Abhängigkeit der Regenhöhe von der Bewaldung tritt am schärfsten bei starken Niederschlägen (Platzregen) hervor, ist aber auch in der trockenen Zeit erkennbar, z. B.

75) Dr. Völker im „Report on the Improvement of Indian Agriculture". 1893. Seite 30.

76) Hierüber enthält einen ausführlichen Bericht von G. Wyssetzky in einer Uebersetzung von Oberforstmeister Guse die Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen 1899. S. 661.

war im Sommerhalbjahr 1895 die Niederschlagsmenge in der offenen Steppe 212 mm, in der Waldstation 246,7 mm, also hier um 16,4% grösser.

Damit stimmen auch die Untersuchungen von J. Klingen (l. c.) überein, welcher 1894 und 95 in Chrinowskoi (Gouv. Woronesch) die in der Steppe gefallenen Niederschläge mit jenen eines benachbarten Waldes verglich; seine Ergebnisse waren folgende:

in den Jahren	Der atmosphär. Niederschläge			
	Jahressumme		Sa. der Vegetationszeit	
	1894	1895	1894	1895
	mm	mm	mm	mm
in der Steppe	354,2	359,4	304,9	193,2
im Kiefernwald	506,6	503,5	380,6	255,4
im Eichenwald	541,3	526,0	353,2	262,0
Mehr in Kiefern	152,4	144,1	75,7	62,2
oder prozentisch um	+ 43%	+ 40%	+ 25%	+ 32%
„ in Eichen	187,1	166,6	48,3	68,8
oder prozentisch um	+ 53%	+ 46%	+ 16%	+ 36%

Die Beobachtungsstationen lagen hier allerdings um 20—30 Kilometer von einander entfernt, was die Vergleichbarkeit beeinträchtigt. Seit 1893 sind in Russland Versuche und Beobachtungen über das Klima der Steppen in grösserem Umfange zur Ausführung gelangt. Professor Dokutschaiew ist mit 3 Gehilfen, 1 Meteorologen und 1 Ingenieur auf 5 Jahre zur Erforschung der einschlägigen Fragen entsandt worden, so dass wichtige Resultate zu erwarten sind.

Eine ähnliche Erfahrung berichtete in der Versammlung des nordwestdeutschen Forstvereins zu Uelzen im August 1885 Hr. Provinzialforstmeister Quaedt-Faslem, dass nemlich die Wälder auf den Zug der Gewitter wirken und Niederschläge herbeiführen.

§ 23. Aber auch in anderer Weise greift der Wald in den Kreislauf des Wassers ein, indem das in Form von Niederschlägen zu Boden gelangte Quantum vor rascher Verdunstung bewahrt und hiedurch örtlich erhalten wird. Schon die niedrigere Temperatur und die grosse relative Feuchtigkeit der Waldluft bilden ein Hindernis für eine starke Verdunstung, noch mehr aber bewirkt dies der Abschluss der direkten Insolation und des Windes. Man hat daher nach Prof. Ebermayers Vorgang die direkte Bestimmung der Verdunstungsgrössen als einen wesentlichen Punkt in das Programm der forstlichen Beobachtungsstationen aufgenommen und ich führte in der Tabelle auf S. 48 die von mir aus den Publikationen des H. Professor Dr. Müttrich berechneten Jahressummen der Verdunstungsgrösse (in mm Höhe) an. Diese Beobachtungen zeigen, dass im geschlossenen Walde die Verdunstung sehr beträchtlich vermindert wird indem im Durchschnitte gegenüber der = 100 gesetzten Einheit der Verdunstungsgrösse im Freien

	im Walde verdunsten	dem Boden erhalten bleiben
in den Buchenbeständen	40,4%	59,6%
„ „ Fichtenbeständen	45,3%	54,7%
„ „ Kiefernbeständen	41,8%	58,2%
„ einer Kulturfläche	90,3%	9,7%

Diese Herabminderung der Verdunstung des Bodenwassers durch die Streudecke ist ausser den durch die 1868 und 69ger Versuchsreihen an den forstl.-meteorologischen Stationen Bayerns gewonnenen Ergebnissen noch durch Prof. Dr. Wollny in den Jahren 1882 und 83 nachgewiesen worden.

Aus diesem Gesichtspunkte ist es interessant, die Bilanz der Niederschlags-

höhe mit der Verdunstungshöhe aus obigen Resultaten zu ziehen, welche nach Höhenregionen angeordnet folgendes Ergebnis liefert:

Stationen	Absolute Höhe m	Der Ueberschuss der Niederschläge über die Verdunstung beträgt in Millimetern Höhe		Von der Niederschlagsmenge verdunsteten prozentisch	
		im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
Schoo	3	322,5	343,6	55%	28%
Fritzen	30	387,5	322,5	40 „	28 „
Hadersleben	34	495,8	481,4	35 „	20 „
Eberswalde	42	142,1	237,5	73 „	44 „
Lintzel	95	174,6	180,6	70 „	67 „
Mittel für die Region .	0—100	305,3	313,1	55 „	37 „
Kurwien	124	346,1	365,7	44 „	26 „
Marienthal	143	184,9	254,7	68 „	37 „
Hagenau	145	436,1	434,3	46 „	26 „
Mittel für die Region .	100—200	322,4	351,6	53 „	30 „
Neumath	340	328,5	510,9	60 „	23 „
Friedrichsrode	353	291,0	385,8	57 „	26 „
Mittel für die Region .	300—400	309,9	448,3	58 „	25 „
Lahnhof	602	850,2	685,2	24 „	15 „
Hollerath	612	717,5	490,2	26 „	21 „
Schmiedefeld	680	1468,2 [77])	1114,3 [77])	13 „	7 „
Karlsberg	690	718,8	839,1	27 „	10 „
Mittel für die Region .	600—700	938,7	782,2	22 „	13 „
Sonnenberg	774	1196,4	1093,8	15 „	9 „
Melkerei	930	1442,1	1176,8	19 „	11 „

Mithin ist der Ueberschuss der Niederschläge mit zunehmender Höhe des Beobachtungsortes immer grösser, wenn auch nicht proportional der letzteren. Im Walde bleiben in den tieferen Lagen durchschnittlich grössere Mengen übrig als im Freien und prozentisch betrachtet **drückt der Gebirgswald die Verdunstung auf das Minimum von 9—13% des Niederschlages herab, so dass 87—91% dem Boden erhalten bleiben.** Diese Bilanz zwischen Niederschlägen und der Verdunstung einer freien Wasserfläche entspricht selbstverständlich **nicht** den tatsächlichen Vorgängen im Walde, wo die Transspiration der Blattorgane an Stelle der letzteren tritt. Die vielfach grössere Oberfläche der Blätter und Nadeln befähigt diese, mit einer viel grösseren Luftmenge in Berührung zu treten und in letztere Wasserdunst auszuhauchen. Wie uns die Pflanzenphysiologie ausführlicher lehrt, ist aber diese Transspirationsgrösse nach Pflanzenart, Alter der Gewächse, Art der Belaubung und nach den klimatischen Verhältnissen sehr verschieden. Man muss sich daher an die Stelle der obigen experimentell ermittelten Verdunstungshöhen einer freien Wasserfläche, welche nur schematisch ein Bild des Wasserverlustes liefern kann, die in grossen Grenzen schwankenden Grössen der Transspiration der Waldbäume denken. Diese steht mit den Wachstumsvorgängen im engen Zusammenhange als wesentliche Ursache der Saftbewegung und ist daher eine unentbehrliche Lebensbedingung der Bäume, insbesondere ihres Zuwachses, dessen Grösse zum Teil durch die verfügbare Wassermenge bestimmt wird. Es ist daher für die Lebensökonomie der Bäume wichtig, dass das zur Transspiration nötige Quantum Wasser von den Wurzeln ununterbrochen zugeführt werden könne, ja der wirtschaftliche Erfolg — der Ertrag — wird innerhalb gewisser Grenzen von diesem wechselnden Bestandteile des Bodens bedingt. Der

77) Nur aus einem Jahrgang 1882 berechnet.

Forstwirt ist daher daran interessiert, dass die Verdunstung des Bodenwassers zu möglichst grossen Anteilen in Form der Transspiration vor sich gehe, während jeder anderweitige Verdunstungsverlust, z. B. durch Freilage, Einwirkung des Windes auf den Boden, Mangel einer Streudecke u. s. w. als unwirtschaftlich betrachtet werden muss. Die Transspirationsgrösse übertrifft bei dicht belaubten Bäumen, besonders bei den Laubholzarten die in obiger Tabelle angeführten Verdunstungsgrössen in der Regel um ein Mehrfaches, wie die Untersuchungen Höhnel's gezeigt haben. Angenommen ein Bestand verdunste z. B. 3 mal so viel, als die freie Wasserfläche, so würde in der I. Region 0—100 m eine Menge von durchschnittlich 3 × 37 = 111% der gefallenen Regenmenge benötigt sein, also könnte diese nicht ausreichen zur Deckung der Transspiration, in der II. Region 100—200 m wäre 3 × 30 = 90% der Niederschlagsmenge,
in der III. Region 300—400 m 3 × 25 = 75%
" " Region V 600—700 m 3 × 13 = 39% } derselben notwendig für die Trans-
" " " IV 700—900 m 3 × 10 = 30% } spiration.

Während demnach unter obiger Annahme der Waldboden der I. Region ein Defizit von 11% haben würde, die das Gedeihen der betreffenden Holzart in Frage stellen müsste, käme in der Region II 10%, III 25%, V 61%, VI 70% der Niederschläge des Jahres zur Erübrigung, so dass der Boden in den höheren Lagen frisch bis nass würde. Es ergiebt sich aus obiger Tabelle, dass mit zunehmender Meereshöhe zwar die Niederschlagsmengen steigen, während dagegen die Verdunstung eher eine abnehmende Tendenz zeigt, welche sich notwendig auch auf die Transspiration überträgt. Man kann daher die Frage, ob der Wald die Bodenfeuchtigkeit vermehre, nicht a priori und für alle Verhältnisse beantworten, sondern es kommt auf den klimatischen Charakter der Gegend, auf die Meereshöhe, die Exposition nach der Himmelsrichtung und auf die Holzart sowie die Bestandesbeschaffenheit an, ob die Niederschlagsmenge oder die Transspirationsgrösse überwiegt. Im Tieflande mit wärmerem Klima wirkt der geschlossene Wald meistens austrocknend auf den Boden, während nach dem Abtriebe häufig Versumpfung eintritt.

§ 24. Wenn demnach schon in den Hochlagen an und für sich dem Boden mehr meteorisches Wasser zugeführt wird, als es im Tieflande der Fall ist, so verstärkt eine Bewaldung der Gebirge diese Wirkung noch, und es ist deshalb schon von jeher der Gebirgswald als Erhalter der Feuchtigkeit und der Quellen betrachtet worden (der „Tau vom Hermon“ befruchtet die Landschaft). Es ist daher von Interesse, sich die Rolle klarer zu machen, die dem Walde bei der Erhaltung des Bodenwassers und der Speisung der Quellen zukommt. Obige Zahlenreihe zeigt ganz deutlich, wie beträchtlich die Menge des nach Abzug der Verdunstung übrig bleibenden meteorischen Wassers in den Gebirgslagen ist und wie der Wald, trotzdem ca. 1/4 der Niederschläge durch Zweige und Blätter aufgefangen und dadurch der unmittelbaren Messung entgangen sind, dennoch von diesen verbleibenden Dreivierteln fast ebensoviel und teilweise mehr Wasser dem Boden zuführt als dem freien Lande zukommt. Wenn man dagegen einwenden wollte, dass ja hievon erst noch der ganze Transspirationsverlust subtrahiert werden müsse, den man aber nicht kennt, so ist hierauf zu erwidern, dass derselbe Wald ja auch im Tieflande seine Transspiration deckt, welche jedenfalls infolge der höheren Temperatur und der längeren Vegetationszeit noch grössere Massen Wasser erfordert, dass folglich mindestens der Ueberschuss über diese hinaus dem Boden und seinem Untergrunde zufliessen muss. Angenommen also, der Fichtenbestand in Fritzen oder der Buchenbestand in Hadersleben verbrauche gerade seinen Ueberschuss zur Deckung seiner Transspiration, so braucht der Fichtenwald in Sonnenberg höchstens ebenfalls soviel, erübrigt also 1093,8—322,5 = 771,3 mm; ebenso verblieben in dem

Buchenwald auf den Hochlagen der Vogesen (Melkerei) 1176,8—481,4 = 695,4 mm. Abgerundet bleiben also 700 mm Regenhöhe im Gebirgswalde unverwendet von der Verdunstung und Transspiration übrig, d. h. pro ha 7000 cbm, welche in die Tiefen des Bodens eindringen. In der Praxis rechnen aber die Ingenieure von 1 ha Sammelgebiet einer Quelle im Mittel 1500—4000 cbm Zufluss pro Jahr, d. h. 3—8 Liter pro Minute, nach starkem Regnen aber 10—20 Liter pro Minute, was 5000—10000 cbm pro Jahr und ha entspräche. Da aber solche allgemeine Erwägungen auf deduktivem Wege zur exakten Lösung so wichtiger Fragen nicht ausreichen, so wurden schon in den Jahren 1884—86 von Prof. Dr. Ebermayer vergleichende Wasserbestimmungen in den Fichtenwäldern des k. Forstamts Bruck bei München vorgenommen, die im Jahresmittel folgende Resultate ergaben: der Boden des kahlen Feldes war in allen Schichten von der Oberfläche bis auf 0,8 m Tiefe fast gleichmässig durchfeuchtet, in einem benachbarten Fichtenjungwuchs war dies ebenfalls annähernd der Fall, dagegen nahm in dem 60jährigen Fichtenbestande der Feuchtigkeitsgehalt von der Oberfläche nach den tieferen Schichten der Wurzelregion ab; alle bestockten Flächen waren im Durchschnitte wasserärmer als das kahle Feld. In dem haubaren Bestande von 120 Jahren näherte sich der Feuchtigkeitsgehalt wieder mehr jenem der kahlen Fläche, vermutlich weil weniger Regen an den Zweigen hängen geblieben war. In einer Tiefe von 15—80 cm war der Waldboden durchgehends trockener, als jener der kahlen Fläche und zwar am meisten unter dem 60jährigen, dicht geschlossenen Bestande. Aus dem schon oben Gesagten lassen sich auch die Aufsehen erregenden Versuchsergebnisse erklären, welche einige russische Forscher, nämlich Blisnin[78]) in den trockenen und heissen Steppen des Gouvernement Cherson, dann Ismailsky[79]) und Professor Ototzkiy[80]) im Gebiete der Schwarzerde (Tschernosem) gefunden haben. Ersterer stellte 1891 in drei Versuchsreihen fest, dass in den Laubwäldern nur die obersten Bodenschichten feuchter, die tieferen Schichten dagegen trockener sind, als die entsprechenden Schichten des umgebenden freien Landes. Ismailsky fand in 6jährigen Beobachtungen, dass der Boden der Schwarzerde gleichfalls seinen grössten Feuchtigkeitsgehalt im Winter in der oberen Schichte von 0—70 cm Tiefe habe, im Frühjahr in der Schichte zwischen 70 bis 140 cm und im Sommer, wo dort die meisten Niederschläge fallen, in der Tiefe von 140—210 cm. Die gesamten Wasservorräte nehmen im Jahresmittel von oben nach unten ab, ebenso wie die Schwankungen in der Menge der Bodenfeuchtigkeit. Die Untersuchungen von Prof. Ototzky 1893—1897 bezogen sich auf den Stand des Grundwassers in der Steppe und in den angrenzenden Wäldern des südlichen Russlands, der mittelst Bohrlöcher gemessen wurde, welche durch Nivellements verbunden waren. Diese Versuche ergaben in verschiedenartigen Fällen insoferne Uebereinstimmung, dass der Boden der Wälder einen geringeren Wasservorrat und tieferen Grundwasserspiegel zeigte als das benachbarte Freiland, wobei Differenzen von ca. 10 m senkrechten Abstandes vorkamen. Die Untersuchungen im nördlichen Russland ergaben aber nur kleine Verschiedenheiten zwischen den verglichenen Grundwasserständen im Walde und im freien Lande.

Es würde zu weit führen, alle im letzten Dezennium von Prof. Ebermayer[81]) in München, E. Hoppe[82]) im Wiener Walde, von Prof. Ramann[83]) in den Kiefernbeständen

78) Bulletin meteorolog. 1892 Nr. 7.

79) v. Wiesner „Russische Forschungen auf dem Gebiete der Wasserfrage“ in Wollnys „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“ 18. Band. 1895.

80) Otozkij „Einfluss der Wälder auf das Grundwasser“. Zeitschrift für Gewässerkunde 1898 S. 214 u. 278, dann 1899 S. 160.

81) Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung 1889. 1. Heft.

82) Zentralblatt f. d. gesamte Forstwesen 1895. 3. Heft.

der Mark Brandenburg angestellten Untersuchungen über den Wassergehalt des Bodens aufzuführen, erwähnt sei nur, dass sie alle den starken austrocknenden Einfluss der Baumwurzeln im Zusammenhange mit der Transspiration der Blattorgane nachgewiesen haben, während sie zugleich zeigten, dass zwischen den einzelnen Holzarten und den verschiedenen Graden des Bestandesschlusses grosse Verschiedenheiten in dieser Hinsicht bestehen. Dicht geschlossene Mittelhölzer von stark verdunstenden Holzarten vermögen daher in regenarmen Gegenden wegen des doppelten Verlustes durch Zurückhalten der Niederschläge in den Zweigen und durch starke Transspiration einen Boden trockener zu machen, als er in unbestocktem Zustande wäre. Dagegen wird in Gebirgswaldungen, wo die Regenhöhe erheblich grösser, dagegen die Temperatur niedriger ist, durch die Verzögerung im oberflächlichen Ablaufe des Wassers, durch die Abminderung der Verdunstungs- und der Transspirationsgrösse die Bilanz meistens zu Gunsten des Waldbodens ausfallen. In der Tat sehen wir auch in allen Gebirgen die Gehänge durchflossen von zahlreichen Wasseradern, die sich gerade in den Waldungen durch Nachhaltigkeit und konstantes Fliessen auszeichnen. Es sind meistens nicht eigentliche Quellen, denen die Gebirgsbäche ihren Ursprung verdanken, sondern vorwiegend kleine offene Rinnsale, die ihren Wassergehalt von versumpften, mit schwammartigen Polstern von Rohhumus, Polytrichum und Sphagnum bedeckten Filzen und Blössen im Walde erhalten und die lokalen Benennungen als „Gräben, Seigen, Dellen, Kauten, Runsen und Wildbäche, ravins“ führen. In durchlässigem Gesteine, auf Kalk- und Dolomitfels, Sandsteinfels und Geröllböden, ferner bei einfallenden Schichtrichtungen etc. versinken die gefallenen Niederschläge rasch in die Tiefen und kommen erst beim Auftreffen auf undurchlassende Schichten zur Ansammlung und zum Abfliessen nach den eigentlichen Quellen. Es kommt aber auch hier wesentlich darauf an, wie das Sammelgebiet der Quelle beschaffen ist, ob das Eindringen des Regenwassers durch Waldbestockung erleichtert und ob der oberflächliche Abfluss, sowie die Verdunstung verhindert werde.

Von grossem Einflusse ist in dieser Hinsicht noch die Wirkung der Streudecke des Waldbodens — mag diese nun aus abgefallenem dürren Laub oder aus einem Moospolster, wie in den älteren Nadelholzbeständen gebildet werden, so hindert sie stets in hohem Grade die Verdunstung des Bodenwassers, verstärkt also die im obigen schon entwickelte Wirkung des Kronenschlusses im Walde. Ueber diese Frage hat Prof. Dr. Ebermayer mittelst seiner mit Bodenproben gefüllten Evaporationsapparate eingehende Untersuchungen angestellt und als Hauptresultate gefunden[84]), dass im 5jährigen Mittel sämtlicher Beobachtungen in dem Bestandesschlusse allein 47 Prozente von der im Freien verdunsteten Wassermenge in die Luft übergehen, während 53% dem Boden erhalten bleiben, dass aber die Wirkung der Streudecke in einer Herabminderung der Verdunstung auf 22% besteht, d. h. von zwei gleichmässig mit Wasser durchfeuchteten Böden verliert der des freien Landes durchschnittlich 4½ mal so viel durch Verdunstung als der durch einen Holzbestand und einer Streudecke geschützte Waldboden. Der bekannte Erbauer der Schwarzwaldbahn Oberbaurat Rob. Gerwig stellte schon früher solche Versuche über die Absorptionsfähigkeit des Mooses und der Streudecke des Waldes an und zog hieraus den Schluss, dass eine geographische Quadratmeile Wald darin 1—1½ Millionen cbm Wasser zurückzuhalten vermöge, was in manchen Fällen eine Verzögerung des Wasserablaufes um 15 Stunden bewirken kann. Rechnet man hiezu die Erleichterung, welche dem Einsickern des Tagwassers in die tieferen Bodenschichten durch die röhrenförmigen Kanäle der verfaulten Wurzelstränge gewährt wird, so ver-

---

83) Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen 1897. 12. Heft.
84) Ebermayer „Gesamte Lehre der Waldstreu“ S. 183.

steht man die Bedeutung, welche dem Walde als Erhalter der Quellen zugeschrieben wird. Im Hochgebirge kommt hiezu noch die Verzögerung des Schneeabganges durch den Wald; man findet oft an geschützten Nordseiten den Schnee noch bis in den Hochsommer hinein, zumal wenn er durch Laubverwehungen gedeckt ist.

Hieraus folgt, dass solche Waldungen, welche das hochgelegene Sammelgebiet einer Quelle bestocken, dem letzteren viel grössere Menge tropfbar flüssigen Wassers erhalten und durch Einsickern zuführen, während umgekehrt umfangreiche Entholzungen auf solchen Terrains infolge der ungewöhnlichen Steigerung der Verdunstung Mangel an Wasser zur Folge haben werden. In der Tat hat man auch schon vielfach Beobachtungen über diesen Zusammenhang gemacht, worüber der deutschen Forstversammlung in Eisenach verschiedene Mitteilungen zugingen und was insbesondere durch Marchand und Choiseul-Gouffier, Gautieri etc. bezüglich Italiens und Griechenlands konstatiert wurde. Ueberhaupt ist dieser Gegenstand in einer ungemein zahlreichen Litteratur besprochen worden, so dass es unmöglich ist, in den Rahmen dieser Abhandlung nur einen Ueberblick über die vielen Reiseberichte aus Syrien, Palästina, die amtlichen Gutachten und Petitionen, welche namentlich die französische Forstlitteratur aufweist zu geben[85]). Ebenso verweisen wir auf die ausführliche Abhandlung von Oberforstmeister Ney „Der Wald und die Quellen“ Tübingen 1894 F. Pietzcker. Nur ein Zitat aus einer Denkschrift von J. A. Blanqui (1843) über die Alpen der Provence möge hier eine Stelle finden:

„Man kann sich in unseren gemässigten Gegenden keinen Begriff von diesen brennenden Bergschluchten machen, wo es nicht einmal einen Busch giebt, um einen Vogel zu schützen; wo der Reisende nur da und dort einen ausgetrockneten Lawendelstengel antrifft; wo alle Quellen versiegt sind; wo ein düsteres, kaum vom Gesumme der Insekten unterbrochenes Schweigen herrscht. Auf einmal, wenn ein Gewitter losbricht, wälzen sich in diesen geborstenen Becken von der Höhe der Berge Wassermassen herab, welche verwüsten, ohne zu befeuchten, überschwemmen ohne zu erfrischen, und den Boden durch ihre vorübergehende Erscheinung noch öder machen, als er durch ihr Ausbleiben war.

Endlich zieht sich der Mensch zuletzt aus diesen schauerlichen Einöden zurück, und ich habe in diesem Jahre nicht ein einziges lebendes Wesen in Ortschaften angetroffen, wo ich vor dreissig Jahren Gastfreundschaft genossen zu haben mich recht gut erinnere.“

§ 25. Infolge der geschilderten Vorgänge findet man in der Regel in gut bewaldeten Gebirgen, namentlich in den deutschen Mittelgebirgen sowie am Nordabhange der Alpen eine konstante Speisung der Bäche und Flüsse, deren Wasserstand sich innerhalb gewisser durch die Jahreszeit bedingter Schwankungen aber ohne exzessive und schädliche Extreme bewegt. Im Gegensatze hiezu stehen die entwaldeten Südabhänge der Alpen in Tirol, namentlich die westlichen der Provence sowie die Apenninen, wo das Regime der Gewässer sich durch ungewöhnliche Extreme der Trockenheit und der Ueberflutungen auszeichnet. Besonders beachtenswerte Mitteilungen hierüber haben unter anderen G. Wex[86]) „Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen etc.“, dann der Schweizer Ingenieur Rob. Lauterburg[87]) gegeben. Nach diesem hat die Adda in dem Zeitraum von 1834—62 etwa 28% ihrer Wasserkraft bei Niederwasser hauptsächlich infolge der Waldverwüstungen im Kanton Tessin eingebüsst. Hingegen wiederholen sich die Hochwasser jetzt durchschnittlich alle 20 Monate, während sie früher, solange die Talwände noch bewaldet waren, in Perioden von je 54 Monaten wieder-

85) Ich verweise deshalb auf Jacquemart „Bibliographie forestière française“. Paris 1852. Bureau des Annales forestières.

86) Wex „Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwasser. 1873.

87) Rob. Lauterburg „Ueber den Einfluss der Wälder auf Quellen- und Stromverhältnisse der Schweiz“. Bern 1878. K. Wyss.

kehrten. Lauterburgs Untersuchungen an anderen Flüssen zeigen, dass wilde Gewässer, welche aus bewaldetem Terrain entspringen, in ihrem Wasserstande Schwankungen von höchstens 1 : 100 aufweisen, während die aus unbewaldeten Gebirgen stammenden solche von 1 : 450 zeigen. — Allerdings mag schon die Exposition der Gebirge, die Richtung ihres Zuges quer gegen die feuchten Windströmungen sowie die relative höhere Feuchtigkeit der aus dem Südwesten kommenden Luftströmungen in diesen Gegenden von vornherein eine Disposition zu abnormen Niederschlagsmengen veranlassen, allein die Tatsache bleibt bestehen, dass der Mensch in unverantwortlichem Leichtsinne den einzigen von Natur gegebenen Schutz, den Wald vernichtet hat. Es waren namentlich die grossen Ueberschwemmungen der Rhone im abgelaufenen Jahrhundert, welche die allgemeine Aufmerksamkeit nicht bloss in Frankreich, sondern in Europa auf diese Frage der Walderhaltung im Interesse der Regulierung des Wasserstandes gelenkt haben. Eine ganze Litteratur ist hierüber entstanden und besonders im Beginne der sechziger Jahre und unter dem zweiten Kaiserreiche hat man sich auch von seiten der Regierung lebhaft mit der Wiederbewaldungsfrage (die im nächsten Abschnitte betrachtet werden soll) beschäftigt. Auf experimentellem Weg suchten Jeandel, Contégril und Bellaut[88]) die Wirkungsweise des Waldes auf Erhaltung und Bindung der wässerigen Niederschläge darzutun, während die Praktiker auf eine wirksame Bekämpfung der Gefahren durch Schutzbauten und durch Aufforstungen sannen. Auch in der Schweiz haben wiederholte Ueberschwemmungen des Rheines und seiner seitlichen Zuflüsse Veranlassung gegeben, die Wirkungen des Waldes auf eine geregelte Ableitung der Gewässer näher ins Auge zu fassen: hier war es vor allem die Aufgabe, durch Belehrung eine allgemeinere und klarere Erkenntnis der Gefahr, welche aus der Misswirtschaft im Walde entspringt, in möglichst weite Kreise zu bringen — eine Aufgabe, welche Landolt und Coaz sowie überhaupt die Forstverwaltung der Schweiz mit rühmlicher Energie und Ausdauer erfüllt haben.

In Preussen wurde 1892 eine aus 32 Mitgliedern bestehende kgl. Kommission zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Ueberschwemmung besonders ausgesetzten Flussgebieten einberufen. Die von ihr ausgearbeitete Denkschrift enthält bezüglich des Waldeinflusses den Satz:

> „Dass die Zurückhaltung des Tagwassers durch den Wald bei ausserordentlichen Regengüssen bald eine Grenze findet, ist durch die Untersuchungen der Hochfluten in Niederschlesien vom August 1888 und in den Beskiden (Juni 1894), die ihren Ursprung in Gebieten mit dichtem und vortrefflichem Waldbestande nahmen, bestätigt worden. Anderseits lehrt aber die Erfahrung an diesen und zahlreichen anderen Stellen unserer norddeutschen Stromgebiete, dass die Ersetzung des Gebirgswaldes durch Weide- oder Ackerland das rasche Zusammenfliessen der Niederschläge in hohem Grade begünstigt und die Abschwemmung des Bodens an starkgeneigten Berghängen grossenteils oder vollständig herbeiführt. Die günstige Einwirkung der Gebirgswaldungen auf eine Verzögerung der Schneeschmelze wird beim jähen Eintritte der Frühjahrserwärmung allerdings beeinträchtigt, trägt aber doch wesentlich dazu bei, dass z. B. die schlesischen Gebirgsflüsse von übermässigen Schmelzwasserfluten im allgemeinen verschont bleiben."

Ohne in das ausserordentlich ausgedehnte Detail der Wasserstanderhaltungsfrage hier näher einzugehen[89]), möge nur noch die Frage berührt werden, ob die statistischen

88) Etudes experimentales sur les inondations 1862. Bericht an die Akad. der Wissenschaften 144. S. 8.

89) Ich verweise nur auf A. Gümbel „Die Hochwasser des Rheines und seiner Nebenflüsse" Allg. F. u. J. 1882 und Koch „Das schnelle Anschwellen der Gebirgswasser". Trier 1883. Stephanus. Honsell „Die Hochwasser-Katastrophen im Rhein im November und Dezember 1882". Berlin. Frauenholz „Denkschrift betreff. die bessere Ausnützung des Wassers" etc. München. Th. Ackermann.

Nachweisungen der Pegelbeobachtungen an den Flüssen ein beweiskräftiges Material für diese Veränderungen geben. Es wurde nämlich die Einwendung gemacht, dass einzelne Flüsse ihren mittleren Wasserstand gar nicht, andere im Sinne einer Erhöhung, andere in dem einer Senkung verändert haben, obgleich in ihrem Oberlauf Entwaldungen vorgekommen sind. Allein bei den umfangreichen Flusskorrektionen, Durchstichen, Vertiefungen der Rinnsale sowie Anlagen von Stauwerken u. s. w. giebt der Pegelstand allein noch keinen Massstab für die beförderte Wassermenge ab, sondern es müssten zu diesem Zwecke Geschwindigkeitsmessungen in Verbindung mit Profilaufnahmen stattfinden, weil durch die genannten Korrektionen sich die Geschwindigkeiten sowie die Querprofilflächen wesentlich verändert haben.

Jedenfalls lehrt die tägliche Erfahrung unwidersprechlich, dass ein Wald mit dichter Bodendecke die atmosphärischen Niederschläge in seinen obersten humusreichen Schichten zurückhält, deren Abfluss verzögert und gleichzeitig die allzugrosse Durchlässigkeit vieler Geröll- und Sandsteinböden durch seinen Humusreichtum paralysiert; durch diese Verhinderung des raschen Verschwindens und Ablaufens der gefallenen Niederschlagsmengen wirkt der Wald ausgleichend auf die Extreme des Wasserstandes, indem er eine zeitliche Verteilung des Abflusses zur Folge hat.

Unter den zahlreichen hierauf bezüglichen Denkschriften über die Wirkungen der Entwaldungen auf das Regime der Gewässer möge hier nur auf eine im Vorjahre von den rheinisch-westfälischen Industriellen an die Provinzial-Regierung gerichtete Eingabe hingewiesen werden, darin heisst es:

„Auch die Wasser konsumierende Industrie hat unter den Missständen der zunehmenden Entwaldung zu leiden, da hiemit der konstante Wasserzufluss abnimmt und bei trockener Jahreszeit die Wasserläufe so wenig Wasser führen, dass die Bedürfnisse der Industrie nicht befriedigt werden“ etc.

In richtiger Erkenntnis der grossen praktischen Wichtigkeit dieser Frage hat daher die zweite Versammlung des Vereins deutscher Versuchsanstalten zu Braunschweig 1896 den Beschluss gefasst, dass in Zukunft die Hauptaufgabe der forstl.-meteorologischen Forschungen im Studium des Einflusses, den der Wald auf den Quellenreichtum (Sickerwassermengen) ausübt, sowie auch der Bedeutung des Waldes für Ueberschwemmung und für die Verhütung von Wildbachbildung zu bestehen habe. Seitdem wird in dieser Richtung in beständiger Fühlung mit den hydrotechnischen Behörden rüstig weitergearbeitet, so dass bald eingehendere wissenschaftliche Ergebnisse zu hoffen sind.

3. Bedeutung des Waldes als mechanisches Hindernis für die Befestigung des Bodens und der Schneedecke sowie für die Abschwächung der Winde.

§ 26. In innigem Zusammenhange mit dem soeben über die Regulierung der Gewässer Gesagten, steht die Bindung des durch Verwitterung der Gesteine sich bildenden Bodens durch den Wald, nur sind es hier nicht die meteorologischen Faktoren der Temperatur und Feuchtigkeit, sondern in der Hauptsache rein mechanische Ursachen, auf denen seine Wirkung beruht. Nachdem bereits nachgewiesen wurde, welch grosse Niederschlagsmengen in den Hochlagen der Gebirge zu Boden gelangen — in den Zentralalpen 1600—2000 mm pro Jahr — ja 100 bis 130 mm an einem Tage — ist es leicht erklärlich, dass diese Flüssigkeitsmengen eine grosse lebendige Kraft erreichen, wenn sie ohne ein Hindernis zu finden auf kahlem Felsgestein wie auf einem Dache abstürzen. Bei einem Fallraum von oft Hunderten ja Tausenden von Metern kommen die über offenen Boden abfliessenden Gewässer mit ausserordentlicher Geschwindigkeit und Kraft zu Tal und greifen hiebei den lockeren Boden oder das durch Verwitterung aufgelockerte Gestein an, indem sie

sich mit Detritus und Geröll um so mehr beladen, je leichter das Gestein nach seiner geognostischen Beschaffenheit der Verwitterung und Abschlämmung unterliegt. Wie Oberforstmeister Ney[90]) auf Grund der hydrostatischen Formeln ausführlicher nachgewiesen hat, wachsen die Endgeschwindigkeiten der an Hängen gleicher Neigung abfliessenden Wassermassen wie die dritten Wurzeln aus den zurückgelegten Wegelängen in der Richtung des stärksten Gefälles, ferner bei Hängen von verschiedenem Neigungswinkel wie die dritten Wurzeln aus den Tangenten dieses Winkels. Je länger daher die Hängen sich ausdehnen und je steiler sie sind, um so grössere Geschwindigkeiten erreichen die abfliessenden Wassermengen nach dieser Berechnung, um so stärker wird folglich die Sohle der Wasserrinnen im Terrain angegriffen, weil sich die Stosskräfte wie die sechsten Potenzen der Geschwindigkeiten verhalten.

Direkte Messungen der oberflächlich abfliessenden Wassermengen bei Regenwetter, welche auf bewaldetem und nicht bewaldetem Terrain der Vogesen angestellt wurden, ergaben das Verhältnis der Ueberschwemmungsgefahr wie 1 : 2 (Comptes rendues Band 51. S. 1011). Vorzüglich die schieferigen Bildungen der verschiedenen geologischen Formationen, die mergel- und lehmhaltigen Schichten, namentlich aber die ehemaligen Gletscherbildungen (Morainenschutt) unterliegen dieser Auswaschung sehr stark. Solange der geschlossene, gut konservierte Wald diese Gehänge überzieht, hält er mittelst seines dichten Wurzelnetzes das lose Erdreich und die verwitternden Gesteinsmassen fest zusammen und breitet über dem Ganzen ein dichtes Polster von Moos und Nadeln aus, deren hygroskopische Eigenschaften die Aufsaugung grosser Wassermengen gestattet; denn 1 cbm Moos vermag 280 Liter Wasser zurückzuhalten. Da ausserdem das Kronendach des Waldes 24% der Niederschläge wenigstens für einige Zeit aufhält und deren Abfluss verzögert, so ist die Folge eine durch tausend kleine Hindernisse verursachte Abschwächung der Geschwindigkeit und mechanischen Gewalt des abfliessenden Regen- und Schneewassers. Es verteilt sich daher dieselbe Wassermenge im Walde in eine grosse Zahl kleiner Wasseradern, welche, wenn sie nebenan auf kahlem Terrain fiele, sich schnell zu reissenden Wildwassern vereinigen würde. Die Wurzeln, Stöcke und Stämme bilden wiederum ebensoviele Stützen für die Streu und den Boden, so dass auch bei starken Regengüssen nur ein allmähliches Ansteigen der Gewässer und der Abfluss reinen Wassers erfolgt. Sind aber durch kahlen Abtrieb der Stämme grössere Flächen der Gehänge blossgelegt, so fällt der Zusammenhalt der Verwitterungsprodukte, der Feinerde und Gesteinstrümmer hinweg, es fehlt auch jedes Hindernis für die Abschwächung der Geschwindigkeit des Wassers und so folgt der seines Zusammenhangs beraubte Boden, aufgewühlt und zu einem lavaähnlichen Brei aufgelöst als „Muhr“ den zu Tal stürzenden Wassermassen. In allen entwaldeten Gebirgsländern sind daher die Wildbäche eine ständige Gefahr für die ganze Gegend. Wildbäche sind nämlich nicht, wie man aus dem Namen schliessen könnte, Gewässer von bestimmtem Laufe, sondern es sind trockene Rinnen, zuweilen Schluchten von kurzem aber steilem Verlaufe, welche nur zeitweise bei grösseren Regengüssen oder beim Schneeabgang Wasser führen; diese periodischen Güsse wühlen aber in den Sammelbecken das Erdreich und das lose Gestein auf und führen es mit grosser Vehemenz talwärts, wobei häufig Unterwaschungen ganzer Gehänge (Abplaickungen) stattfinden und Erdstürze veranlasst werden. Diese Massen von Geschiebe und Gerölle lagern sich dann nach einem längeren oder kürzeren Laufe in dem sog. „Abflusskanale“ am Ausgang der Rinnen in den flachen Tälern ab, wo sich infolge der Verlangsamung der Geschwindigkeit alle schwereren Bestandteile des Detritus in Form sog. „Schuttkegel“ anhäufen.

---

90) Wochenblatt „Aus dem Walde“ 1898 Nr. 23 u. 24.

Wie erheblich die hier in Betracht kommenden Geröllmassen sind, ergiebt sich aus einer Berechnung von Demontzey, wornach bei einem einzigen Muhrgang 169000 cbm feste Masse mit 65000 cbm Wasser zu Tal kamen. Ausser den eigentlichen Wildbächen durchfurchen aber zahlreiche kleinere Risse und „Runsen" das kahle Gebirgsterrain, welche häufig die Anfänge oder die obersten Verzweigungen der Wildbäche bilden, so dass der Anblick einer von zahlreichen Wildbächen durchwühlten Gebirgslandschaft ein grauenhaftes Bild der Verödung darbietet. Abgesehen von der vollständigen Unfruchtbarkeit der Gehänge selbst besteht der Schaden dieser durch die fortschreitenden Entwaldungen immer grössere Dimensionen annehmenden Alpenplage in der Ueberschüttung der fruchtbaren, oft hochkultivierten Talgründe mit ihren Dörfern und Gehöften, in der Zerstörung der Gebäude und Brücken und in der ständigen Ueberschwemmungsgefahr, welche aus der Verstopfung und Versandung der regelmässigen Flussbette resultiert. Höchst malerisch schildert Blanqui den Anblick der in Tätigkeit getretenen Wildbäche folgendermassen:

„Keine menschliche Zunge vermöchte ein recht anschauliches Bild von ihren Verwüstungen im Augenblicke jener plötzlichen Anschwellungen zu geben. Da sind keine überfliessenden Bäche mehr, sondern wahre Seen, die in Wasserfällen dahinrollen und Steinmassen vor sich hertreiben, welche durch die Fluten dahingejagt werden. Zuweilen kommen solche Kieselsteinmauern allein heran ohne Begleitung eines sichtbaren Wasserfalles, dann ist ihr Getöse stärker als Donnergekrach. Ein heftiger Wind zieht ihnen voran und verkündet ihr Nahen, sodann sieht man schlammige Wassermengen und nach Verlauf einiger Stunden ist alles in die düstere Stille zurückgekehrt, die über diesen Orten schwebt."

Gegenüber dieser ständigen Gefahr, welche namentlich in den Alpen der Provence seit den grossartigen Entwaldungen infolge der Revolution von 1789 gewaltige Dimensionen angenommen hatte, ergriff zuerst der Staat und in dessen Auftrag die französische Forstverwaltung umfassende Massregeln, welche das Uebel durch das entgegengesetzte Mittel seiner Ursache die Wiederbewaldung der Gebirge bekämpften, womit sich jedoch zugleich alle Hilfsmittel der Hydrotechnik vereinigten, um eine Beruhigung und Unschädlichmachung der Wildbäche herbeizuführen. Als eine theoretische Vorarbeit ist die Studie von Surell[91]) über die Wildbäche der Hochalpen von Bedeutung gewesen, da hierin mit grossem Nachdruck die Entwaldung als die Hauptursache der Wildbach-Beschädigungen, dagegen die Wiederbewaldung als ein zuverlässiges Mittel zur Beseitigung dieser Gefahren klar gestellt wurde. Zunächst wurde durch die Gesetze vom 28. Juli 1860 und vom 8. Juni 1864 die Verbesserung des Laufes der Gewässer durch Wiederbewaldung und die Wiederherstellung der Produktivität des Bodens sowie die Verbauung der Wildbäche als ein Gegenstand der öffentlichen Wohlfahrt erklärt und in die Hände der Regierung gelegt. Zur Ausführung geben diese Gesetze zwei Wege an, nämlich 1) den fakultativen der staatlichen Unterstützung von Aufforstungs-Arbeiten, welche Gemeinden freiwillig unternehmen, dann 2) die zwangsweise Wiederbewaldung mittelst zeitweiser Expropriation, wobei den Eigentümern die Möglichkeit gelassen ist, die aufgeforsteten Flächen durch Rückersatz der Kosten oder Ablassung der halben Fläche an den Staat wieder zurück zu erwerben.

Die Ausführung der in diesen Gesetzen vorgesehenen Arbeiten fand seitens der französischen Forstverwaltung in grossartigem Massstabe statt, wobei ausser den eigentlichen Aufforstungen namentlich sehr bedeutende Wildbachverbauungen und Uferversicherungen zur Ausführung kamen, deren technisches Detail von seinem geistigen Urheber, dem hochverdienten Oberforstmeister P. Demontzey in seinem interessanten Werke „Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes"[92]) aus-

91) Surell „Etude sur les torrents des Hautes Alpes". 1842.

92) Paris bei J. Rothschild erschienen und von Prof. Dr. A. v. Seckendorff übersetzt

führlich geschildert worden ist. Es ist hier nicht der Platz, die Technik der Wiederbewaldung zu beleuchten, dagegen mögen einige Angabeu über den Umfang und über die Wirkungen hier ihre Stelle finden: Vom Jahre 1861 bis Ende 1877 war eine Fläche von 94532 ha Gebirgsland aufgeforstet worden bezw. neu berast, diese Arbeiten samt den Talsperren, Wasser- und Uferbauten erforderten ca. 14¼ Millionen Frcs. Die günstigen Erfolge, welche diese Arbeiten in der tatsächlichen Bändigung der Wildbäche fanden, ermutigten zu weiterer Ausdehnung derselben, so dass schon im Jahre 1878 der Minister für Handel und Ackerbau einen Plan entwickeln konnte, wornach innerhalb der nächsten 60—80 Jahre weitere 768000 ha Gebirgsödungen in 21 Departements der Alpen, Pyrenäen und Cevennen mit einem mutmasslichen Aufwand von 150 Millionen Frcs. allmählich wieder bewaldet bezw. wieder berast werden sollten, ungerechnet 72 Millionen Frcs. für Grunderwerbungen. Bis Ende 1885 sollen an 600 Wildbächen ca. 100000 ha mit beiläufig 150 Millionen Frcs. Kosten bereits fertig gestellt worden sein, welche während verschiedener Hochwasser Gelegenheit hatten, sich bestens zu bewähren.

Der Stand am Ende des XIX. Jahrhunderts war folgender: Da sich die Expropriation von Grund und Boden im Verlaufe der Zeit als zu drakonisch erwiesen hatte, so wurde unter dem 4. April 1882 ein neues Gesetz erlassen, welches gleichfalls die Beruhigung der bestehenden Wildbäche und die Verhinderung der Entstehung neuer zum Ziele hat. Der für diesen Zweck der Staatsverwaltung zur Verfügung gestellte Kredit beträgt rund 62½ Millionen Frcs., wovon 24½ Millionen auf Grunderwerbung, 38 Millionen auf Verbauungen und Aufforstungen treffen. Die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten waren die Beruhigung einer Anzahl von Wildbächen und ausserdem die Aufforstungen von ca. 170000 ha, von welchen anf Staatswaldungen 98500 ha, auf Gemeindewälder 41500, auf Privatwaldungen 28900 ha entfallen. Speziell die beiden letztgenannten Kategorien (Gemeinde- und Privatwälder) wendeten für ihre Verbauungs- und Aufforstungsarbeiten 9¾ Millionen Frcs. auf, zu welchen der Staat 49 Prozent, die Departements 17 Prozent beisteuerten.

Auf Grund der günstigen Erfahrungen über den Erfolg der bisherigen Arbeiten hat man in Frankreich einen weitaussehenden Plan für die künftige Verbauung von ca. 3000 Wildbächen der Alpen, Pyrenäen, Cevennen, Ardennen und des Central-Plateaus aufgestellt, nach welchem ca. 200 Millionen Francs erforderlich sein werden, hiervon allein 70 Millionen Frcs. für Aufforstungsarbeiten. Die Centennar-Ausstellung in Paris hat eine glänzende Repräsentation der grossartigen Arbeiten von Wildbachverbauungen durch die französische Forstverwaltung geliefert und gezeigt, dass diese in mustergiltiger Weise auf diesem Gebiete kultureller Bestrebungen vorangeht.

Auch in Oesterreich wendet man nach den grossen Ueberflutungen in Tirol und Kärnten im Jahre 1882, welche ebenfalls die verheerenden Wirkungen vieler Wildbäche gezeigt hatten, den Wildbachverbauungen und Wiederaufforstungen gesteigerte Aufmerksamkeit zu. Nach einem vom k. k. Oberforstrat Salzer im österreichischen Forstkongress gehaltenen Referat zählt man in Tirol südlich vom Brenner 522 Wildbäche, welche einer rationellen Verbauung bedürfen, nämlich 171 im Pustertal, 91 im Eisack- und Etschgebiete, 106 im Bezirk Trient und 154 in anderen Teilen Südtirols, wobei ganz Nordtirol und die Gegend von Meran gar nicht mitgerechnet sind.

In Kärnten zählt man 183 grössere und kleinere Wildbäche, darunter die grössten und gefährlichsten im Mölltale[93]). Gegenwärtig sind in vielen dieser Gegenden Arbeiten

und in Wien 1880 von Gerold S. verlegt.

93) Im oberen Drautale ist der Möderitschgraben der bedeutendste Wildbach unter

im Gange und in Tirol schätzt man die Zahl der im Bau begriffenen Wildbäche auf 100, in Salzburg 30. Ausserdem zählt man in Oberösterreich, in Steiermark, Dalmatien und in den Karpathenländern Wildbäche von nicht unbedeutender Zahl. Nähere Details hierüber enthält das Werk von Prof. Dr. A. von Seckendorf „Zur Geschichte der Wildbachverbauung in Oesterreich". Wien 1886. Auch in Italien werden dringende Aufforderungen an die Regierung gerichtet, die Wiederbewaldung des Apennin und der Südabhänge der Alpen in Angriff zu nehmen, da der Po jährlich dreimal mehr Land abreissen soll, als dies im vorigen Jahrhundert der Fall war[94]). Im Dezember 1882 wurde infolge dessen ein Gesetzentwurf der Kammer der Deputierten vorgelegt, wornach im ganzen allmählich 3876 qkm Oedflächen aufgeforstet werden sollten, die Kosten waren pro qkm (= 100 ha) mit 8400 M. einmaligen Auslagen und 993 M. für ständige Unterhaltung taxiert, so dass für Italiens Wiederbewaldung über $32^1/_2$ Millionen M. in Ansatz zu bringen sein dürften.

§ 27. Aus diesen grossen Anstrengungen, welche die Staaten Europas machen müssen, um die enormen Nachteile der planlosen Entwaldung von der gefährdeten Einwohnerschaft ganzer Provinzen abzuwenden, aus diesem Kostenaufwande von hunderten von Millionen ergiebt sich die Notwendigkeit, den Gebirgswald da, wo er noch vorhanden ist, als ein wichtiges öffentliches Gut zu behüten, ihn als eine Art von Nutzkapital wie z. B. Strombauten und andere Sicherheitsvorrichtungen zu betrachten, dessen Funktionen im Haushalt der Nationen höher veranschlagt werden müssen, als die Rente, welche er seinem jeweiligen Besitzer durch seinen Holzertrag liefert.

In richtiger Erkenntnis dieser Bedeutung der Wälder als Schutzwehren gegen eine Reihe von Elementarereignissen, durch welche in Gebirgsgegenden die menschliche Kultur bedroht ist, haben daher schon im Mittelalter Bannlegungen solcher Wälder in den Hochlagen der Alpen, an steilen Lehnen und in dem zu Abrutschungen neigenden Terrain stattgefunden. In der Schweiz und Tirol waren es die Gemeinden selbst, welche die Bannlegung solcher die Gegend schützenden Wälder besorgten, ja selbst gegenwärtig dringen in den bayerischen und salzburger Alpen[95]) die Gemeinden im Petitionswege auf den Erlass von Gesetzen, welche einen besseren Schutz der Gebirgswaldungen bezwecken. In anderen Gegenden geschah dies im Wege der landesherrlichen Forstordnungen und in der Gegenwart sind es die verfassungsmässig zustande gekommenen Gesetze, welche in einzelnen Ländern z. B. in Bayern die Eigenschaften derjenigen Waldungen präzisieren, die als Schutzwaldungen eine Ausnahme von der Regel der freien Bewirtschaftung des Eigentums bilden. In der Regel untersagen die Gesetze bei Strafe den kahlen Abtrieb in Schutzwaldungen (z. B. in Bayern und Württemberg), während in Oesterreich das kaiserl. Patent vom 3. Dezember 1852 bestimmt:

---

vier anderen. Durch Berechnungen aus den aufgenommenen Nivellements wurde festgestellt. dass dieser eine Wildbach in den Jahren 1882 u. 1883 ca. 58 000 cbm Schutt zu Tal befördert habe — eine Katastrophe, welche vorwiegend durch einen Kahlhieb auf einer trichterförmigen Mulde im Gehänge verursacht wurde. Das geologische Substrat ist daselbst Glacialschutt, welcher ausserordentlich leicht abschlämmbar ist, sobald das Regenwasser direkten Zutritt zum Boden hat; wird daher durch unvorsichtige Abschwendung des Waldes und Entfernung des Wurzelgeflechtes samt der Streu der Mineralboden blossgelegt, so bilden sich bei jedem stärkeren Regengusse tiefe Rinnsale und Unterspülungen der Seitenwände. Der Möderitschgraben hat eine Länge von 450 m bei einem durchschnittlichen Gefälle von 40% und verläuft fast durchaus zwischen abrutschendem Terrain.

Im kärntnerischen Mölltale ist der Klaus-Kofel der gefürchtetste Wildbach, welcher früher bei dem geringsten Anlasse eine zerstörende Tätigkeit entfaltete.

94) K. Eheberg „Agrarische Zustände Italiens". Leipzig 1886. Dunker u. Humblot.

95) Im Jahre 1897 reichten 9 Landgemeinden beim Salzburger Landtage eine solche Petition ein, auch dem bayerischen Landtage lagen schon solche Gesuche vor.

§ 6. „Auf Boden, der bei gänzlicher Freilegung in breiten Flächen leicht fliegend wird und in schroffer, sehr hoher Lage sollen die Wälder lediglich in schmalen Streifen oder mittelst allmählicher Durchforstung abgeholzt werden. Die Hochwälder des oberen Randes der Waldvegetation dürfen jedoch nur im Plenterbetriebe bewirtschaftet werden."

§ 7. „An den Ufern grösserer Gewässer, . . . dann an Gebirgsabhängen, wo Abrutschungen zu befürchten sind, darf die Holzzucht nur mit Rücksicht auf Hintanhhaltung von Bodengefährdung betrieben werden."

In Preussen bezeichnet das Gesetz vom 6. Juli 1875 die Fälle, unter welchen ein Wald auf Antrag der Interessenten durch das Gericht als Schutzwald erklärt werden kann. Das russische Waldschongesetz vom 4. April 1888 betrachtet als Schutzwälder im engeren Sinne jene Wälder, welche zur Bindung der Dünen und Sandschollen, zum Schutze landwirtschaftlich benutzter Grundstücke und bewohnter Ortschaften, zum Schutze der Ufer gegen Abspülung, Unterwaschung und Eisbeschädigung, desgleichen der Berge gegen Abschwemmungen notwendig sind.

In der Schweiz bezeichnen die Ausführungsbestimmungen zu Art. 24 der Bundesverfassung v. J. 1874 die Eigenschaften der Schutzwaldungen folgendermassen:

„Es sind Wälder, welche vermöge ihrer bedeutenden Höhenlage oder durch ihre Lage an steilen Gebirgshängen, auf Anhöhen, Graten, Rücken und Vorsprüngen, oder in Quellengebieten, Engpässen, an Rüfen, Bach- und Flussufern oder wegen zu geringer Waldfläche einer Gegend zum Schutze gegen schädliche klimatische Einflüsse, Windschaden, Lawinen, Stein- und Eisschläge, Erdabrutschungen, Unterwaschungen, Verrüfungen und Ueberschwemmungen dienen."

Hinsichtlich des Details dieses Gegenstands wird auf das Gebiet der Forstpolitik verwiesen.

§ 28. Ausser den im vorstehenden bezeichneten Gefahren der Bodenabschwemmung, der Ueberflutung oder des unregelmässigen Regimes der Gewässer, sind aber noch eine Reihe von Rücksichten zu nennen, nach welchen der Wald für das öffentliche Wohl in Betracht zu kommen hat. In den Hochgebirgen sind es namentlich die Lawinen, gegen welche bewohnte Orte oder frequente Strassen durch einen permanenten Gürtel von hohem Holz geschützt werden müssen. Hier ist es also vorzüglich der mechanische Wiederstand der Stämme und Aeste, welcher die Entstehung der Zusammenballung oder des gleichzeitigen Hinabgleitens ausgedehnter Schneefelder bei eintretendem Tauwetter verhindern soll. In Anbetracht der Gefahr rechtfertigt sich auch hier der gesetzliche Eingriff in die Freiheit des Privateigentumes, welcher in dem Verbot des kahlen Abtriebes ausgedrückt ist.

Aehnliche Gefahren können der Gesamtheit, wie dies schon in dem österreichischen Gesetze hervorgehoben ist, an den Flüssen durch Uferabrisse zugehen, sobald die Wälder, welche mit ihren Wurzeln das Erdreich zusammenhielten, gefällt werden. Man findet deshalb an vielen Flüssen das Ufer mit Buschwaldungen innerhalb des Ueberschwemmungsgebietes bestockt, die zugleich bei Ueberschwemmung und Eisgang das angrenzende Gelände vor Zerstörung schützen. Der Schutz solcher Uferwälder ist besonders in Frankreich durch alte Gesetze gesichert.

In den Sandebenen des Tieflandes und an der Meeresküste verhindert der Wald die Bildung von Flugsand, teils durch die Erhaltung von Humus und Feuchtigkeit, teils durch den mechanischen Halt seiner Wurzeln, teils durch Abschwächung der Kraft der Sturmwinde. Ueberall wo daher ausgedehntere Sandländereien vorkommen, steht ein öffentliches Interesse an der Erhaltung der sie bedeckenden Wälder auf dem Spiele und die Gesetzgebung der Kultur-Staaten stellt solche Waldungen unter Kontrolle so in Preussen (in § 2a des obigen Gesetzes), in Bayern, während in Ungarn nach dem Gesetz von 1878 in denjenigen Wäldern, durch deren Entfernung die Verbreitung des Flugsandes gefördert würde, die Rodung, das Stock- und Wurzelgraben, die Weide

und Streunutzung verboten ist. Von welcher Ausdehnung solche Ländereien sind, ergiebt sich aus den statistischen Angaben[96]), welche für Preussen 37 448 ha, worunter 28 635 ha als für die Nachbarschaft gefährliche Sandschellen beziffern, für Frankreich aber 78 006 ha ausmachten.

Uebrigens beschränken sich die Staaten gerade in Hinsicht auf die Sandflächen und Dünen keineswegs bloss auf Repressivmassregeln mittelst Prohibitivgesetzen, sondern es wird in den Kulturländern als eine wichtige Aufgabe der Forstverwaltungen aufgefasst, durch Aufforstungen der Sandschollen und Dünen, die Weiterverbreitung über das anstossende Kulturland zu verhindern — eine Gefahr, der im Reggsbezirk Bromberg allein in den letzten 20 Jahren ca. 6000 ha unterlegen sind.

Der Schauplatz der ausgedehntesten Dünenaufforstungen war Frankreich, wo seitens des Ministeriums der öffentlichten Arbeiten 45 238 ha Dünen wieder bewaldet wurden, während die Forstverwaltung seit 1862 gegen 14 700 ha Dünen aufforstete, die Privaten dagegen 16 939 ha kultivierten. So kommt es, dass die Landes, ehemals ein unfruchtbarer Dünenlandstrich, der sich von der Mündung der Garonne bis zu jener des Adour in einer Länge von 240 km erstreckt, gegenwärtig das waldreichste Departement Frankreichs geworden sind. Die Erfolge dieser Aufforstungen waren überraschend günstige, indem sowohl das Klima günstiger als auch infolge des Austrocknens der sumpfigen Strecken mit Ortstein-Untergrund der Boden assaniert wurde, so dass sich die Gesundheitsverhältnisse der Einwohner ganz erheblich besserten.

§ 29. Aber selbst da, wo keine unmittelbaren Gefährdungen der Nachbarschaft zu befürchten sind, ist die Erhaltung des Waldes auf allen absoluten Waldböden eine höchst notwendige Massregel und im Interesse der Gesamtheit dringend zu wünschen. Schon in der Einleitung haben wir die Grenzen betrachtet, bis zu welchen hinsichtlich der geographischen Breite sowie der vertikalen Erhebung der Wald noch gedeihen kann. Zwischen der Baumgrenze und dem landwirtschaftlichen benutzbaren Terrain liegt aber eine breite Region bezw. Zone, wo der Wald die alleinige Vegetationsform ist, die noch Produkte liefern kann, ebenso zieht die Steilheit des Terrains, die zu grosse Durchlässigkeit des Bodens etc. auch ausserhalb der Gebirge gewisse Grenzen, die der landwirtschaftliche Betrieb nicht zu überschreiten vermag und wo eine Düngung und Bearbeitung nicht rentiert, oder wo die Schafweide sich nicht lohnt. Wird auf solchen Flächen der Wald vernichtet, so sind ertraglose Oedflächen das Resultat — Flächen, die für die menschlichen Bedürfnisse oft gar keinen Ertrag liefern und nur aus Bergheiden, Steppen, Pusten oder Sandflächen bestehen. Das Bestreben, solche Oedländereien aufzuforsten, ist schon sehr alt, denn wir finden diesbezügliche Anordnungen 1579 in der Hohenlohe'schen Forstordnung, 1756 in der schlesischen Forstordnung und bei Noe Meurer, ferner im Oldenburgischen. Wie Fischbach erzählt, haben aber die Hofbesitzer die gute Absicht der letzteren Regierung dadurch vereitelt, dass sie zwar den gelieferten Kiefernsamen pflichtmässig aussäten, nachdem sie ihn aber zuvor in siedendem Wasser abgetötet hatten.

Für Oesterreich z. B. giebt der neue Kataster diese Oedflächen, welche z. Z. unproduktiv sind, jedoch zur Holzzucht geeignet wären, auf über 4900 qkm, d. h. nahezu $^1/_2$ Million Hektar an, darunter allein in Dalmatien 264 400 ha. Der eigentliche Karst des sog. „Küstenlandes“ umfasst die politischen Bezirke von Sesana und z. Teil von Görz und Gradiska, er bildet eine ca. 40 Kilometer lange und 15—20 km breite Terrasse von nur 200—400 m Seehöhe, durchbrochen von einzelnen steilen Talschluchten und von zahlreichen kesselförmigen Mulden

96) Hagen-Donner „Die forstl. Verhältnisse Preussens“. II. Bd. S. 30.

(„Dolinen"). Er besteht grösstenteils aus Kreide-Bildungen, welche nach der Entwaldung leicht austrocknen und ihrer Humusdecke verlustig werden. Aehnliche Bodenverhältnisse wiederholen sich aber vielfach in der Halbinsel Istrien, im Gebiete von Triest. Die Flächengrösse der Weiden, Wälder und unproduktiven Gründe im Aufforstungsgebiete von Triest, Görz-Gradiska und Istrien zusammen beträgt 276882 ha. Bis Ende 1899 wurden von der Aufforstungskommission für den Karst an Gesamtkosten 828200 Kronen verausgabt, wovon speziell auf Forstkulturen ca. 420000 Kronen treffen, womit die Anpflanzung von 60 Millionen Pflanzen und die Ansaat mit 4570 kg Samen geleistet wurde. — Ausführlichere Angaben über „die Karstbewaldung im österreichillyrischen Küstenlande" nach dem Stande von 1899 hat der k. k. Forstrat J. Pucich in Triest in einer unter diesem Titel daselbst erschienenen Monographie dargestellt, in welcher auch die Verdienste der in diesen Aufforstungen thätigen Forstwirte (Salzer, Herm. von Guttenberg, Rossipal etc.) gewürdigt sind. Amtlich angeordnet wurde in Oesterreich in den Jahren 1878—80 die Aufforstung von

140,7 qkm in den Alpenländern
25,4 „ im Küstenland und Dalmatien
60,5 „ in den Sudetenländern
82,6 „ in den Karpathenländern.

In den Ländern Cisleithaniens wurden allein in den 4 Jahren 1891—95 amtlich die Aufforstungen von 51376 ha Schlägen und Oedflächen angeordnet, ferner forstpolizeiliche Vorkehrungen gegen Waldverwüstung auf 406030 ha getroffen.

Für Ungarn giebt Bedö[97]) die unproduktiven Flächen auf 396 qkm an, wovon 285 qkm auf das eigentliche Ungarn, 111 qkm auf Kroatien und Slavonien entfallen.

In Frankreich[98]) sind allein in den Staatsforsten: in den Gemeindewäldern:

	in den Staatsforsten	in den Gemeindewäldern
Oedflächen, die einen Ertrag abwerfen	147 qkm	58 qkm
„ die einer Aufforstung fähig sind	409 „	533 „
„ „ „ „ nicht fähig sind	753 „	434 „
im ganzen	1309 qkm	1025 qkm

also ohne Einrechnung der Privatgründe 2334 qkm Oedland.

Die Gegend von Toulouse weist allein 542 qkm, Corsika 136 qkm Oedflächen auf, während man für ganz Frankreich diese Flächen auf 26500 qkm schätzt, freilich inkl. der Hochgebirge und der Kommunikationswege, also = 4,9% der Landesfläche. Viel höhere Prozentanteile des unproduktiven Geländes weist Grossbritannien inkl. Irland auf, wo 11,1% der Landesfläche, Griechenland, wo 15,2% Oedland sein soll, während hingegen im Deutschen Reiche nur 2,7% darunter zu rechnen sind, was offenbar nur der daselbst seit Jahrhunderten konsequent durchgeführten Pflege der Wälder zuzuschreiben. Immerhin besitzt aber doch Preussen über 3 Millionen ha Weiden, Hutungen, Oed- und Unland, wovon mehr als eine halbe Million ha aufforstungsfähig ist. Dauernden Schaden von schwer zu berechnender Höhe hat Italien durch die ausgedehnten Entwaldungen erfahren, welche in dem langen Verlaufe seiner geschichtlichen Entwicklung vorgekommen sind; durch Blosslegung des humosen Bodens wurde dieser an vielen Stellen der Gebirge ausgedörrt, vom Winde verweht oder von Regengüssen hinabgespült, so dass kahle, trockene Felspartien und mit Geröll überschüttete Talgründe die Folge waren, wodurch die Ertragsfähigkeit vieler Gebiete empfindlich beschädigt, ja oft vernichtet wurde.

---

97) Bedö Beschreibung der Wälder des ungarischen Staates. Budapest 1885. III. Bd. Seite 13.

98) Nach der Statistique forestière. Paris 1878. Impr. nationale.

Mit Recht ist daher in den letzten Dezennien ein förmlicher Wetteifer der einzelnen Staaten entbrannt, diese ungeheuren ertraglosen Flächen der menschlichen Bedürfnisbefriedigung dienstbar zu machen, in Preussen sind, nachdem schon 1854—61 durch die Aufforstungsarbeiten im Eifelgebiete ca. 8000 ha grosse Flächen in Bestand gebracht worden waren, durch das Gesetz von 1871 jährlich über 1 Million Mark in das Ordinarium des Forstbudgets behufs Ankauf und Aufforstung von Oedgrundstücken eingesetzt worden, seit 1895 sogar 2 Millionen M., wodurch namentlich in den Heiden und Mooren an der Ems, Weser, in der Lüneburger Heide, sowie in Holstein alljährlich bedeutendes zur Hebung der Landeskultur geschieht. Die preussische Staatsforstverwaltung hat 1867 bis 1892 für Aufforstungszwecke angekauft 134633 ha um nahezu 22½ Millionen Mark, ausserdem aber beträchtliche Aufforstungsprämien an Private gewährt und in einem Jahre (1893) an die Waldbesitzer ca. 32 Millionen Pflanzen abgegeben. Diese Bestrebungen des Staates werden ausserdem unterstützt durch die Provinzialverwaltungen, Kommunen und juristischen Korporationen sowie die Grossgrundbesitzer. So hat z. B. die Klosterkammer in Hannover in den letzten 30 Jahren ihr Forstgebiet um fast 6000 ha, die Provinz Hannover das ihre in 8 Jahren um ca. 8000 ha vergrössert. Der umfangreichen Aufforstungsarbeiten Frankreichs wurde schon oben gedacht und es ist nur noch auf Russland hinzuweisen, wo die Steppenaufforstung in den südlichen Gouvernements mit solcher Energie fortgesetzt wird, dass seit 1843 im ganzen ca. 15000 ha Steppenland auf Staatskosten, 7000 ha auf Kosten der Gemeinden und Privaten bewaldet worden sind, deren günstige Entwicklung zu fortwährend neuen Anstrengungen anreizt.

Gerade in neuester Zeit sind aus Russland höchst interessante Tatsachen berichtet worden[99]), welche zeigen, dass daselbst der Wassererhaltung durch Bewaldung eine grosse Aufmerksamkeit und auch beträchtliche Mittel zugewendet werden. Aus Anlass des bekannten Notstandes durch die Missernten im Jahre 1891, welcher sich auf 24 Gouvernements erstreckte, wurden kommissarische Beratungen über die auszuführenden Notstands-Arbeiten gepflogen und dabei unter anderem der Regierung empfohlen, als im allgemeinen Landesinteresse liegend zur Ausführung zu bringen: 1. Befestigung der steilen Böschungen und Talränder durch lebende Hecken in Verbindung mit Aufforstung der Plateauränder und Gipfel. 2. Anlage von Hecken und Gebüschen in der offenen Steppe zum Aufhalten des Schnees und zur besseren landwirtschaftlichen Ausnutzung des Frühjahrs-Regenwassers. 3. Schaffung von Wasserreservoirs in den natürlichen Becken durch Eindämmung des Regen- und Schneewassers (Talsperren); Bepflanzung der Reservoirs mit Bäumen und Bewaldung der Flussufer. 4. Aufforstung aller Sandschollen und des absoluten Waldbodens. 5. Anlage von Aufforstungs-Versuchsflächen und meteorologischen Observatorien in den Steppen des Wolga-, Don- und Dnieper-Gebietes.

Ausführlichere Daten über „das europäische Oedland, seine Bedeutung und Kultur" enthält eine bei Sauerländer in Frankfurt unter diesem Titel erschienene Monographie von Dr. Rich. Grieb, auf welche hiemit verwiesen wird. Es sind aber nicht bloss die vollständig zu Oedland gewordenen Flächen, die im Interesse des öffentlichen Wohles der Aufforstung zugeführt werden sollten, sondern die staatliche Fürsorge wendet sich neuerdings in vielen Ländern auch der besseren Bewirtschaftung und pfleglicheren Behandlung der kleineren Privatwälder zu. Nach der Anbau-Statistik sind in Preussen ca. 750000 ha Privatwaldungen, die Parzellen von weniger als 10 ha bilden und die vielfach als verwüstet zu bezeichnen sind; in Bayern sind es 578584 ha Par-

---

99) Lesnoi dielo. 1893.

zellen unter 10 ha, welche als Bestandteile von ca. $^1/_4$ Million Bauerngüter gezählt werden, während 419905 ha Privatwaldungen zwischen 10 bis 100 ha Flächengrösse besitzen. Es wird daher die zweckmässige Art der Bewirtschaftung, besonders der Wiederverjügung dieser Kategorie von Wäldern als ein zu erstrebendes Ziel der Verwaltungsthätigkeit zu gelten haben, das sowohl durch Belehrung und Unterricht, als durch Lieferung von Pflanzen aus den staatlichen Pflanzgärten, endlich durch Bildung von Waldgenossenschaften sowie durch Beihilfe mit Rat und Tat seitens der staatlichen Forstbehörden erreicht werden kann.

Es ist erfreulich, dass in unserer gewohnheitsmässig „egoistisch" gescholtenen Zeit fast alle Staaten sich grosse Opfer für das Wohl einer fernen Zukunft auferlegen, dass eine Reihe von Forsttechnikern ihre ganze Energie an die Lebensaufgabe setzen, die Wohltaten des Waldes der Gesamtheit zu Gute kommen zu lassen und die wirtschaftlichen Sünden der vergangenen Generationen wieder nach Möglichkeit gut zu machen.

§ 30. Die Abhandlung über die Bedeutung der Wälder für das öffentliche Wohl würde unvollständig sein, wenn die so vielfach behauptete sanitäre Wirkung derselben unerwähnt bliebe. In der Tat haben sowohl in Europa als namentlich in tropischen Ländern verschiedene eklatante Fälle gezeigt, dass Gegenden, welche früher ein gesundes Klima hatten, nach der Zerstörung der Wälder von Fieberluft erfüllt wurden, so namentlich in Südkarolina und Ostindien. Umgekehrt haben mannigfache Erfahrungen gezeigt, dass schädliche endemische Sumpffieber durch Anpflanzung von Bäumen und Wäldern zum Verschwinden gebracht wurden, wie z. B. in den toskanischen Maremmen oder in den viel besprochenen Eucalyptus-Kulturen beim Kloster Tre fontane in der Campagna di Roma. Ein ähnliches Beispiel teilte mir Herr von Kern, Direktor des St. Petersburger Forstinstituts, mit, welches die Wirkung der im vorigen § erwähnten Steppenaufforstungen betrifft. Die deutschen Kolonisten am Milchflusse (Molotschnaja) versichern nämlich, dass seit den Aufforstungen längs des Flussufers die vorher in dieser Gegend stets vorgekommenen eigentümlichen Fiebererscheinungen in auffälliger Weise selten geworden sind. In Deutschland soll nach Schulzen[100]) die Bemerkung wiederholt gemacht worden sein, dass die Weidenheeger eine sanitäre Einwirkung auf die Verminderung der Fieberfälle einer Gegend ausgeübt hätten. Durch die Forschungen Robert Koch's und Anderer über die Uebertragung der Malaria durch Stechmücken ist der Zusammenhang zwischen Versumpfung und Fieberzunahme leichter verständlich geworden, da die Larven der Mücken sich unter dem Wasser von stehenden Tümpeln entwickeln. Im heissen Klima wirkt aber der Wald, wie schon oben auseinandergesetzt wurde, durch sein Wurzelnetz im Verein mit der Transspiration austrocknend auf den Boden, also entsumpfend, wodurch den culex-Arten ihre Entwicklungs-Bedingungen entzogen werden. Diese Frage ist namentlich im Hinblick auf die Eucalyptus-Kulturen von Professor Perona[101]) eingehender beleuchtet worden, der es allerdings als nicht bewiesen ansieht, dass die Ursache in einer Entwässerung des versumpften Untergrundes durch Vermittlung der Baumwurzeln und Verdunstung der Blätter sondern mehr in der besseren Durchlüftung des Bodens und der Kanalisierung gesucht werden müsse. Daneben wurde auch von manchen die Behauptung aufgestellt, dass der durch tausendfältige Verzweigungen in einander greifende Kronenschirm des Waldes nach Art eines sog. Luftfilters auf die Reinigung der Luft von Sporen der Spaltpilze und Bakterien wirke. Prof. Dr. Ebermayer suchte auf experimentellem Wege

---

100) Schulzen „Die Korbweidenkultur". Berlin 1884.
101) Allgem. Forst- u. Jagdztg. Januarheft 1885.

dieser Frage näher zu treten, indem er ausgedehnte Untersuchungen des Ozongehaltes der Luft auf den Stationen des bayerischen Netzes anstellte, die allerdings einen auffallend hohen Ozongehalt bei allen Waldstationen gegenüber jenem der Städte ergaben. Auch seine Messungen des Kohlensäuregehaltes[102]), sowie des Sauerstoffgehaltes der Waldluft sind hieher zu rechnen, da sie für die Frage der sanitären Bedeutung des Waldes wertvolles positives Material ergeben, auf das hier aber nur hingewiesen werden kann.

Endlich erwähne ich noch das sozialpolitische Element, das in dem Gegensatze des freien Waldes gegen die Gebundenheit alles übrigen Eigentums liegt und das Prof. W. H. v. Riehl als einen so mächtigen Faktor in der Entwicklung des Gefühlslebens des deutschen Volkes gefeiert hat. Die ethische und ästhetische Wirkung des Waldes auf das Volksleben, auf Geschmack und Kunstsinn ist niemals mit beredteren Worten gepriesen worden, als in seinem „Land und Leute"; jeder, der diese von edler Begeisterung getragenen Worte liest, fühlt den hohen Wert dieser Betrachtungsweise, wenn sie auch ökonomisch zu den Imponderabilien gehört.

Die Forstwirtschaft vom privatwirtschaftlichen Gesichtspunkte aus betrachtet.

1. Die natürlichen Produktionsfaktoren der Forstwirtschaft.

Litteraturnachweis über Forstwissenschaft im allgemeinen. Moser „Grundsätze der Forstökonomie". Frankfurt u. Leipzig 1757. — Walther „Handbuch der Forstwissenschaft". Ansbach 1787. — Jeitter „Versuch eines Handbuches der Forstwissenschaft". Tübingen 1789. — Nau. B. S. „Anleitung zur deutschen Forstwissenschaft". Mainz 1790. — Späth J. L. „Handbuch der Forstwissenschaft". Nürnberg 1801. -- Medicus L. W. „Forsthandbuch oder Anleitung zur deutschen Forstwissenschaft". Tübingen 1802. — von Seutter „Vollständiges Handbuch der Forstwissenschaft". Ulm 1808. — Klein J. J. „Forsthandbuch". Frankfurt 1826. — Hundeshagen „Encyklopädie der Forstwissenschaft". Tübingen 1821. — Pfeil „Grundsätze der Forstwirtschaft". Züllichau 1822. — Widemann „System der Forstwissenschaft". Tübingen 1824. — Hartig G. L. „Die Forstwissenschaft in ihrem ganzen Umfang". Berlin, II. Aufl. 1831. — Cotta H. „Grundriss der Forstwissenschaft". Dresden 1832. — Schultze J. C. L. „Lehrbuch der Forstwissenschaft". Lüneburg 1841. - - Liebich Chr. „Compendium der Forstwissenschaft". Wien 1854. — Stahl G. „Handbuch der Fortswissenschaft". Berlin 1858. — Fischbach C. „Lehrbuch der Forstwissenschaft". Stuttgart, II. Aufl. 1868. — Bernhardt „Waldwirtschaft und Waldschutz. Berlin 1869. — Hess R. „Grundriss zu Vorlesungen über Encyklopädie der Forstwissenschaft. Giessen 1873. — Döhl „Waldungen und Waldwirtwirtschaft". Elberfeld 1876. — Roth C. „Wald und Waldbenutzung". München 1880. — Fürst. Forst- und Jagdlexikon". Berlin 1888. — v. Dombrowski „Encyklopädie d. F.- u. J.-Wissenschaft." Wien 1888.

§ 31. Die Forstwirtschaft ist eine Bodenwirtschaft, wie die Landwirtschaft, der Gartenbau, der Obst- und Weinbau, d. h. sie sucht wie diese mittelst ökonomischer Benützung der im Pflanzenleben tätigen Naturkräfte und der zur Pflanzenernährung erforderlichen Stoffe des Bodens „organische Substanz" für den Gebrauch der menschlichen Gesellschaft zu produzieren. Diese Produktion ist aber, wie uns die Physik lehrt, im Grunde genommen nichts anderes als Umwandlung der lebendigen Kraft des Sonnenlichtes in „potentielle Energie", indem diejenigen Teile des Sonnenspektrums, welche unserem Auge als besonders hell erscheinen, in den chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen eine chemische Arbeit verrichten. Die Pflanze ist also das Mittel, um einen Teil der lebendigen Kraft der Aetherwellen des Sonnenlichtes zur Ueberwindung der chemi-

102) Dr. E. Ebermayer „Die Beschaffenheit der Waldluft". Stuttgart 1885. F. Enke. Derselbe: „Hygienische Bedeutung der Waldluft und des Waldbodens". Allg. F. u. J.-Ztg. 1890. S. 377.

schen Anziehungskraft zu benützen, welche zwischen den beiden Bestandteilen des Kohlensäuregases der Atmosphäre herrscht und um Stoffe zu kombinieren, in welchen diese Spannkraft fixiert ist. Chemisch betrachtet wird dabei Kohlenstoff aus dieser Verbindung mit Sauerstoff losgelöst und in andere sauerstoffärmere organische Verbindungen eingeführt, welche sich bei dem Assimilationsprozess in der Pflanzenzelle bilden und die wägbare verbrennliche Substanz des Pflanzenkörpers bei diesem Vegetationsvorgang vermehren. Die charakteristischen Vorgänge bei dem Assimilations-Vorgange in der chlorophyllführenden Pflanze sind daher: die Absorption von Kohlensäuregas (Kohlendioxyd) aus der Atmosphäre, dessen Zerlegung in Kohlenstoff und Sauerstoff unter Einwirkung derjenigen Aetherwellen des Sonnenlichtes, welche zwischen 0,00039 bis 0,00068 mm Wellenlänge besitzen, Aushauchung des freien Sauerstoffgases und Bildung organischer Verbindungen aus dem assimilierten Kohlenstoffe. Welcher Art diese ersten Produkte des Assimilationsprozesses sind, lässt sich bis jetzt nur hypothetisch behaupten; nach der Liebig'schen Theorie würde durch fortgesetzte Desoxydationsvorgänge und Wasseraufnahme aus der Kohlensäure zunächst Oxalsäure und Ameisensäure, dann Weinsäure, Aepfelsäure und Zitronensäure entstehen, während Professor von Baeyer annimmt, dass auf einem direkten Wege die Desoxydation von wässeriger Kohlensäurelösung zu Ameisensäure-Aldehyd und weiter durch Verdichtung zu Glykose wahrscheinlicher sei — eine Hypothese, welche durch die jüngst gelungene Darstellung einer Zuckerart aus dem Ameisensäure-Aldehyd eine bedeutende Stütze erhalten hat.

Wie dem auch sei, so haben diese Stoffe für die Praxis der Pflanzenzucht nur die Bedeutung von Durchgangsgliedern einer Reihe von weiteren physiologischen Umsetzungen der einmal gebildeten organischen Materie, als deren Endglieder eine nach Pflanzenarten wechselnde Menge von Cellulose, Lignose, Stärkemehl, Zucker, Harze, Eiweissstoffe und Gummi und verschiedene andere Stoffe im Pflanzenkörper aufgespeichert werden.

Die Forstwirtschaft unterscheidet sich in dieser Hinsicht nun wesentlich dadurch von dem Ackerbau und den übrigen landwirtschaftlichen Betrieben, dass ihre Nutzpflanzen nicht jährlich Ernten liefern und dass sie in erster Linie Cellulose und deren Umwandlungsprodukte erzeugen will, während letztere vorzüglich Stärkemehl und Proteïnstoffe, zuweilen auch Zuckerarten zu produzieren strebt. Nur bei gewissen forstlichen Betrieben legt man auf Gerbstoff- oder Harzgewinnung ein grösseres Gewicht als auf die Holzerzeugung.

§ 32. Wie in diesen Zielen der Produktion so unterscheidet sich auch bezüglich der dazu führenden Wege die Forstwirtschaft in charakteristischer Weise von den landwirtschaftlichen Betrieben. Erfahrungsgemäss verläuft nämlich der oben geschilderte Assimilationsprozess nur bei Gegenwart einer Anzahl unorganischer Stoffe, die in Form von Salzen in der assimilierenden Pflanzenzelle vorhanden sein müssen und in wässeriger Lösung durch die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen werden. Da diese Salze des Kaliums, Natriums, Calciums, Magnesiums, Eisens, des Phosphors, Schwefels und Siliciums sich nach der Verbrennung der Pflanzensubstanz als Asche vorfinden, so nennt man sie zusammen die Aschenbestandteile und bezeichnet sie in jener löslichen Form, wie sie im Boden vorkommen, als mineralische Pflanzennährstoffe. Während nun der Getreidebau, der Anbau von Futter- und Handelsgewächsen beträchtliche Mengen der besonders beachtenswerten Nährstoffe Phosphorsäure und Kalium zu ihrer jährlichen Produktion erfordern, ist dies bei den Waldbäumen in viel minderem Masse der Fall, weil zur Holzerzeugung diese Stoffe erfahrungsgemäss nicht in solchen Mengen notwendig sind, als zur Bildung von Stärkmehl und Eiweiss-

stoffen. Dazu kommt noch, dass die Waldbäume die im Boden gewöhnlich spärlicher enthaltene Phosphorsäure sowie das Kalium so zu sagen höchst sparsam verwenden, indem sie diese Stoffe aus den absterbenden Blättern im Herbst in den Stamm zurückziehen und im nächsten Jahre wiederholt zu den Assimilationsvorgängen verwenden, wie sie dieselben auch im Holzkörper aus den bereits fertig gebildeten inneren Partien entfernen und den im Wachsen begriffenen peripherischen Teilen des Splintes und Kambiums zuführen. Infolge dessen bedarf ein Kartoffelfeld zu einer mittleren Ernte pro ha an Phosphorsäure 3 mal mehr als 1 ha Buchenwald, 5 mal mehr als 1 ha Fichtenwald und 9 mal mehr als 1 ha Kiefernwald zur jährlichen Produktion, während der jährliche Kalibedarf des Kartoffelfeldes von jenem des Buchen-, Fichten- und Kiefernbestandes das 9fache, 13fache und 17fache ist.

Einen ziffermässigen Ausdruck für die Mengen der einzelnen Aschenbestandteile, welche die Forstwirtschaft dem Boden durch ihre Ernten entzieht, haben zahlreiche Analysen geliefert, welche in den Laboratorien der forstlichen Versuchsanstalten und Akademien (darunter ca. die Hälfte vom Referenten selbst) ausgeführt worden sind. Demnach entzieht man dem Waldboden durch die Produktion von 1 Festmeter Holz nachstehende Mengen dieser Stoffe:

Ein Festmeter Holz enthält Gramm:

Holzart und Alter	Gesamte Reinasche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Manganoxydoxydul	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
I. Im Derbholze										
Buche 50jährig . . .	2709	671	39	1175	280	48	32	200	61	187
„ 90 „ . . .	3850	1053	79	1518	441	75	62	157	78	387
„ 220 „ . . .	4038	781	64	2165	550	37	33	171	20	217
Trauben-Eiche 50jähr.	5401	701	149	3950	159	35	11	202	45	106
„ „ 345 „	2116	565	152	1175	57	24	—	42	43	58
Birke 50jährig . . .	1792	318	13	591	254	21	296	141	10	148
Weisstanne 90jährig .	1885	608	10	236	159	43	634	111	43	41
„ 144 „	1728	692	61	525	247	21	—	102	61	19
„ 150 „	2449	391	13	1742	103	20	—	118	55	7
Fichte 100jährig . .	1629	230	22	750	117	44	285	56	27	95
„ 120 „ . . .	1691	274	25	879	223	41	47	78	44	80
„ 150 „ . . .	2317	343	10	1733	80	22	—	69	43	17
Lärche 45jährig . .	1359	318	44	657	197	41	—	112	19	61
Kiefer	1100	166	6	683	115	8	5	69	15	33
II. Im Reisholze										
Buche 220jährig . .	5875	1737	135	2194	815	81	103	427	103	280
Trauben-Eiche 345jähr.	11347	1683	206	7826	570	102	—	647	196	117
Birke 50jährig . . .	3795	798	42	1075	498	69	424	603	55	231
Weisstanne 90jährig .	10952	1945	80	1211	848	564	3542	1072	722	968
„ 144 „ . .	7613	1725	164	2249	1228	497	265	639	457	389
Fichte 100jährig . .	10973	1432	135	2146	672	222	1046	956	379	3905
„ 120 „ . . .	7323	1392	114	2374	997	258	157	581	185	1265
Kiefer	4676	793	104	2150	554	53	16	626	91	286

Ein Raummeter Waldstreu enthält durchschnittl. Gramm:

Holzart und Alter	Gesamte Reinasche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Manganoxydoxydul	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
Buchenlaubstreu . .	4321	230	46	1910	282	119	—	243	84	1407
Fichtennadelstreu . .	6066	216	75	2716	311	125	28	286	94	2215
Weisstannenstreu . .	5072	352	71	3250	338	145	101	375	125	315
Kiefernnadelstreu . .	1480	153	65	600	153	50	80	117	54	208
Moosstreu	2602	640	119	460	211	153	69	401	139	410
Farnkräuter trocken .	3515	1252	142	431	243	57	266	287	122	715
Haidekraut	1102	142	72	237	103	45	57	74	45	827

Holzart und Alter	Gesamte Reinasche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Mangan-oxydoxydul	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Kieselsäure
Ein Hektar Wald bedarf zur Holzproduktion alljährlich Gramm:										
Buchenhochwald . .	33600	7400	60	16100	4100	700	—	2200	400	2100
dto. auf Basaltboden	45710	7160	1450	22250	5750	270	500	4230	330	3740
Weisstanne, Tonschiefer	34340	9260	210	4120	2810	1140	11420	2530	1300	1550
dto. auf Granit . .	16930	5630	510	5080	2540	560	230	1170	760	450
Fichte, Tonschiefer .	29040	4080	370	10240	1980	710	4180	1630	680	5040
Kiefer auf Basalt . .	13440	2090	170	7680	1440	120	70	1120	220	530
dto. auf Sandboden der Mark . .	14860	2850	—	7250	1720	—	—	870	860	—
Durch Streunutzung wird dem Waldboden pro Hektar jährlich entzogen Kilogramm										
In Buchenbeständen .	185,54	9,87	1,99	81,92	12,22	5,11	—	10,45	3,62	60,36
„ Fichtenbeständen	135,92	4,82	1,68	60,04	6,95	3,42	—	6,41	2,10	49,60
„ Kiefernbeständen	46,52	4,84	2,04	18,87	4,80	4,07	—	3,68	1,69	6,53

Diese Mengen des jährlichen Bedarfes an Aschenbestandteilen drücken das Mass der Ansprüche, welche die Forstgewächse an die Bodenfruchtbarkeit stellen, wenigstens nach dieser einen Hinsicht aus. In bezug auf das gegenseitige Verhältnis dieser Ansprüche zeigen die Zahlenreihen für Stammholz, dass wenn der Kaligehalt von 1 Festmeter Kiefernholz als Einheit gesetzt wird,

die Buche 4 —6 1/2 mal mehr
„ Eiche 3 1/4—4 „ „
„ Tanne 2 1/2—3 1/2 „ „
„ Lärche 2 „ „
„ Birke 2 „ „
„ Fichte 1 1/2—2 „ „

enthält. Ebenso übertrifft in bezug auf den Phosphorsäuregehalt jede der Holzarten das Kiefernholz, nämlich

die Buche 2 1/4—3 mal
„ Eiche 3 „
„ Tanne 1 1/2—1 3/4 „
„ Lärche 1 1/2 „
„ Birke 2 „
„ Fichte nur unbedeutend.

In der abfallenden Streu der Buche ist zwar pro Raummeter weniger an diesen beiden Stoffen enthalten, allein in dem Anfall pro ha verhält sich die Phosphorsäuremenge des Kiefernbestandes zu jener der Fichte und Kiefer nahezu wie 1 : 2 : 3. Demnach drücken diese Ergebnisse in exakter Weise dasselbe aus, was die tägliche Erfahrung der Praxis über die Verschiedenheit der Anforderungen unserer Waldbäume an die Bodengüte lehrt. Wenn man aber vollends diese Zahlen mit den korrespondierenden der landwirtschaftlichen Produkte[103]) vergleicht, so ergiebt sich mit mathemathischer Schärfe der grosse Unterschied zwischen den anspruchsloseren forstlichen Gewächsen und den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Daraus folgt mit Notwendigkeit:

1) dass die Waldbäume mit gleichen Kali- und Phosphorsäuremengen eine viel

---

103) Dr. E. Wolff „Aschenanalysen von land- und forstwirtschaftlichen Produkten“. I. Teil 1871. II. Teil 1880. Berlin, P. Parey.

grössere Jahresproduktion an organischer Substanz bewirken, als die Gewächse des landwirtschaftlichen Betriebes;

2) dass ferner eine Bodenerschöpfung durch den forstlichen Betrieb nicht so leicht zu befürchten steht, soferne der Streuabfall dem Waldboden verbleibt;

3) dass ein jährlicher oder periodischer Ersatz mittelst Düngung im Forsthaushalt nicht notwendig ist, ausgenommen bei Erziehung von jungen Pflanzen im Saat- und Pflanzbeete, wegen des grossen Kali- und Phosphorsäurereichtumes dieser jungen, noch zarten Pflanzenteile und wegen der geringen Verbreitung der Wurzelstränge im Boden.

4) dass ein Forstbetrieb noch auf Böden stattfinden kann, welche aus Mangel an genügendem mineralischen Nährstoffkapitale für landwirtschaftliche Zwecke unbenützbar sind oder die durch Raubbau in ihrer Fruchtbarkeit zu sehr geschwächt wurden, um noch landwirtschaftliche Ernten hervorzubringen.

5) Dass die Bäume durch ihre tief gehenden Wurzeln Nährstoffe vom Untergrunde emporheben und durch das fallende Laub den obersten Bodenschichten zuführen, diese also bereichern,

6) dass die Baumarten vor allem viel Kalk und Magnesia zu ihrem Wachstum bedürfen und zwar oft mehr als landwirtschaftliche Nutzpflanzen.

§ 33. Ein ähnliches Verhältnis, wie soeben bezüglich des Kali- und Phosphorsäurebedarfes gezeigt wurde, waltet auch in bezug auf den Stickstoffbedarf der forstlichen Betriebe gegenüber den landwirtschaftlichen. Die Untersuchungen zahlreicher[104]) Agrikulturchemiker haben gezeigt, dass den Pflanzen die Fähigkeit abgehe, den freien Stickstoff der Atmosphäre zum Aufbau ihrer stickstoffhaltigen Bestandteile zu verwenden, sondern sie sind mit ihrem Bedarf hieran auf die Verbindungen des Ammoniaks, die salpetersauren und salpetrigsauren Salze im Boden und im Regenwasser angewiesen. Der Boden enthält aber in seinem natürlichen Zustande nur relativ geringe Mengen von Ammoniaksalzen und Nitraten, die sich in der Regel erst durch die vorausgehende Vegetation ansammelten und aus den natürlichen Stickstoffquellen der Atmosphäre z. B. elektrische Entladungen, Verdunstungsvorgänge etc. herstammen. Aus mehrjährigen Beobachtungen der Regenmengen und Bestimmungen der Mengen des darin in Form von Ammoniak und Nitraten enthaltenen Stickstoffs an verschiedenen Stationen ergab sich, dass alljährlich im grossen Durchschnitte $11^1/_4$ bis $12^3/_4$ kg pro ha gebundener Stickstoff durch die atmosphärischen Niederschläge zu Boden gelangen. Der Boden selbst enthält namentlich in den angeschwemmten Tonböden gewisse Quantitäten gebundenen Stickstoffes, die aber durch eine Reihe von Ernten meist bald erschöpft werden, denn der Landwirt entzieht nach den Versuchen von J. H. Gilbert und Lawes pro Jahr und Hektar

in einer Weizenernte	durchschnittlich	23	kg	geb. Stickstoff
„ „ Gerstenernte	„	20	„	„ „
„ „ Hülsenfrüchtenernte	„	35	„	„ „
„ „ Heu- und Kleeernte	„	37	„	„ „

nach Graf zur Lippe-Weissenfeld aber

in einer Weizenernte 62,4 kg

---

104) Ausser den Versuchen von Boussingault, J. v. Liebig, Gilbert und Lawes sind namentlich jene von Barral, Bobierre, Bineau, Nessler, Knop und Wolff, Fresenius, Gräger, Hünefeld, Kamp, de Porre, Ville sowie die gleichzeitig im Jahre 1866—67 an sämtlichen preussischen Versuchsanstalten vorgenommenen Untersuchungen zu nennen. In forstl. Beziehung sind die Untersuchungen von Krutzsch, Chevandier, Fliche, Grandeau und J. v. Schröder besonders wichtig. Ueber die Beteiligung der Mycorhizen s. den botanischen Abschnitt.

in einer Kartoffelernte	60,9	kg
„ „ Roggenernte	51,8	„
„ „ Rotklee	95,8	„

also viel mehr, als der Boden durch die atmosphärischen Niederschläge jährlich wieder zugeführt erhält. Hieraus erklärt sich die Notwendigkeit der Stickstoffdüngung, d. h. der Zufuhr von Ammoniaksalzen oder von Nitraten, von denen jede für einzelne Gewächse ihre spezifischen Vorzüge vor der anderen besitzt; für die meisten landwirtschaftlichen Nutzpflanzen ist aber die Zufuhr animalischer Abfälle gemengt mit Streumaterialien die günstigste Form des Rückersatzes.

Es ist nun angesichts dieser Erfahrungen der Landwirtschaft von hohem Interesse, einen Einblick in die Lebensökonomie des Waldes bezüglich der Stickstoffausfuhr und Zufuhr zu erhalten. Nach Dr. J. v. Schröder ist der Jahresbedarf an Stickstoff von 1 ha Wald in Kilogramm:

	Buchenhochwald,	Fichten,	Tannen,	Birken,	Kiefern
zum Holzzuwachs	10,34	13,20	13,26	7,22	—
zur Streuerzeugung	44,35	31,92	—	—	28,94
Summa	54,69	45,12	—	—	—

Hieraus ergiebt sich die wichtige Schlussfolgerung, dass die forstliche Produktion sehr hohe Ansprüche an den Stickstoffgehalt (resp. den Ammoniak- und Nitratgehalt des Bodens stellt, sobald man die Streu dem Boden entzieht; die alljährliche Holz- und Streuerzeugung kommt bezüglich ihres Stickstoffbedarfes den landwirtschaftlichen Durchschnittsernten nahe und übertrifft sie sogar teilweise, so dass ein fortgesetzter Streuentzug nebst Holznutzung den Boden in verhältnismässig kurzer Zeit ebenso erschöpfen muss, wie dies beim Ackerbau längst anerkannt ist. Hingegen zeigen vorstehende Zahlen, dass bei einer Belassung der Streu im Walde die Holzproduktion allein nicht imstande ist, eine stetige Verminderung und Erschöpfung des Stickstoffvorrates im Boden herbeizuführen, weil die Durchschnittsmenge von 10—13 kg pro Jahr und ha durch den mittleren Jahresbetrag des in den atmosphärischen Niederschlägen enthaltenen gebundenen Stickstoffes wieder ersetzt wird. Die natürlichen Stickstoffquellen der Atmosphäre halten daher dem Bedarfe der blossen Holzerzeugung das Gleichgewicht und der von Streunutzung verschonte Wald bedarf keines künstlichen Ersatzes in Form von Ammoniaksalzen und Nitraten. Diese Tatsache ist in wirtschaftlicher Hinsicht deshalb sehr bedeutungsvoll, weil infolge dieser Anspruchslosigkeit der Waldbäume noch alle jene Flächen dauernd der Produktion für menschliche Bedürfnisse dienen können, welche infolge ihrer Lage oder ihrer Entfernung von den Wohnstätten für die künstliche Düngerzufuhr nicht erreichbar sind, z. B. die Gebirge. Ferner ist es dadurch möglich, auch durch eine extensive Wirtschaftsform, d. h. unter Aufwand von wenig menschlicher Arbeitskraft noch zu produzieren, da die langen Zeiträume zwischen Bestandesbegründung und Holzernte den Aufwand von grossen Produktionskosten im Hinblick auf die langwährenden Zinsenverluste verbieten.

Eine hervorragende Bedeutung hat ferner für die Ernährung der Bäume der Wassergehalt des Bodens, weil dieselben wegen ihrer grossen Blattflächensumme ausserordentlich grosse Verdunstungsflächen besitzen. Da jedoch dieser Gegenstand in den §§ 21 und 22 näher abgehandelt ist, so verweise ich hierauf.

§ 34. So einfach die Chemie im Verein mit der dynamischen Wärmetheorie uns den Vorgang der Verbrennung erklärt und uns dadurch in den Stand setzt, den Vorgang bei der Bildung brennbarer organischer Materie sowie das Pflanzenwachstum vom

chemisch-physikalischen Standpunkte aus zu verstehen, ebenso schwierig war diese Erklärung vor der Entdeckung des Prinzips der Erhaltung der Kraft. In der ältesten forstlichen Litteratur finden wir deshalb gerade über diesen Punkt die abenteuerlichsten Vorstellungen, welche die philosophischen Ideen ihrer Zeiten wiederspiegeln. So sagt z. B. Hanns von Carlowitz (Sylvic. oec. S. 22) im Jahre 1713:

„Wie denn sonderlich mirakulös zu sein scheint, dass in dem blossen und unansehnlichen Erdreich so ein wunderwürdiger ernährender Lebensgeist und Archäus häufig zu finden, so die meisten Geschöpfe erhält. Gewiss die darin enthaltene Nahrungskraft ist so unendlich als unbegreiflich bevorab die Wärme oder das elementarische Feuer“ etc.

Auch die Phlogiston-Theorie, sowie der Streit über die antiphlogistische Theorie Lavoisiers findet sich in einzelnen Andeutungen der Forstlitteratur — ein Beweis, dass schon viel über die Ursache der Brennbarkeit des Holzes und die Quelle dieser Wärme nachgesonnen wurde.

Wie oben S. 72 gezeigt wurde, haben wir die brennbare Substanz des Holzes als aufgespeicherte „potentielle Energie“ oder „chemische Differenz“, als verkörpertes Resultat der chemischen Arbeitsleistung des Sonnenlichtes aufzufassen. Es fragt sich nun: wie gross ist die jährliche Produktion der Wälder an solcher organischer Substanz? Die Untersuchungen über den Holzertrag der Wälder, welche von zahlreichen Forstmännern und Vertretern der forstlichen Theorie in bezug auf verschiedene Holzarten und Standortsverhältnisse ausgeführt worden sind, geben ziffermässige Anhaltspunkte über die räumlich gemessene, in kubischen Einheiten ausgedrückte Holzmasse, welche in Holzbeständen von verschiedenen Altersstufen pro Flächeneinheit enthalten ist. Berechnet man hieraus unter Zugrundelegung der für die speziellen Fälle ermittelten Zahlen des spezifischen Gewichtes bezogen auf den wasserfreien Zustand (d. h. bei 105° C. getrocknet) die Masse der Trockensubstanz, welche jährlich zugewachsen ist, so erhält man aus den vorher beträchtlich divergierenden Zahlen eine bemerkenswerte Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Holzarten bei sonst gleichen klimatischen und Bodenverhältnissen. Man kann diese auffallende Tatsache, auf welche zuerst durch J. v. Liebig in seiner Agrikulturchemie[105]), dann von Dr. Theod. Hartig[106]) und Prof. Dr. E. Ebermayer[107]) hingewiesen wurde, präziser in folgender Weise ausdrücken:

„Die verschiedenen bestandbildenden Holzarten liefern auf den für sie geeigneten Standorten unter sonst gleichen Verhältnissen durchschnittlich jährlich nahezu gleiche Gewichtsmengen Trockensubstanz; die grossen Verschiedenheiten im Ertrage nach Kubikmetern der Masse auf gleichen Standorten zwischen

---

105) Just. v. Liebig berechnet in seinem Werke: „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur“ etc. V. Auflage, S. 14 u. 15 pro ha Wald 5300 kg Trockensubstanz-Erzeugung.

106) Dr. Theod. Hartig stellte in seinem „System und Anleitung zum Studium der Forstwirtschaftslehre“, Leipzig 1858 S. 228, Berechnungen über die Produktion von Brennwerten durch die verschiedenen Holzarten an und fand pro ha berechnet im Hochwalde eine jährliche Erzeugung von

bei Rotbuchenbeständen	153	Buchenscheitholzwerte
„ Birken „	133	„
„ Eichen „	133	„
„ Erlen „	98	„
„ Fichten „	200	„
„ Weisstannen „	180	„
„ Kiefern „	129	„

107) Dr. E. Ebermayer „Die gesamte Lehre der Waldstreu“. Berlin 1876. S. 68.

den einzelnen Holzarten rühren hauptsächlich von den Unterschieden der spezifischen Gewichte her."

Obgleich Prof. Ebermayer schon im Jahre 1875 aus 77 einzeln genau aufgenommenen Streuversuchsflächen berechnet hatte, dass im jährlichen Holzzuwachs der Buchenbestände 3163 kg, der Fichtenbestände 3435 kg, der Kiefernbestände 3233 kg Trockensubstanz enthalten sei, so hat doch der Lehrsatz, dass „dem Gewichte nach in Waldbeständen verschiedener Holzarten im grossen Durchschnitte jährlich die gleichen Mengen organischer Substanz produziert werden", bis jetzt nicht diejenige allgemeine Würdigung gefunden, die einem so wichtigen, grundlegenden Gesetze der Forstwissenschaft zukommen sollte. Ich sehe mich deshalb veranlasst, die in letzterer Zeit erschienenen zahlreichen Ertragstafeln nach dieser Hinsicht zu prüfen, indem ich die von Prof. Dr. Rob. Hartig mitgeteilten Zahlen über die spezifischen Trockengewichte resp. den Gehalt von je 1 Festmeter verschiedener Holzarten an Trockensubstanz sowie meine eigenen diesbezüglichen Erhebungen in Rechnung stelle, wobei ich aber ausdrücklich bemerke, dass es sehr wünschenswert wäre, bei allen Ertragsermittlungen zugleich die Angaben der spezifischen Gewichte an Probestämmen beizufügen, um die produzierte Masse der Trockensubstanz direkt auf experimentellem Wege zu ermitteln. Die nachstehenden Berechnungen mögen daher nur vorläufig an die Stelle solcher unmittelbarer Erhebungen treten und den Weg andeuten, wie die einzelnen Ermittlungen sich zu einem Gesamtbild von überraschender Uebereinstimmung zusammenfügen.

Vor allem muss bei der Uebertragung von Zahlen der spezifischen Gewichte auf Ertragstafeln der Grundsatz festgehalten werden, dass die an einzelnen Baumteilen (z. B. Kern, Splint, Gipfel-, Astholz etc.) gefundenen Grössen nur proportional zu dem Anteil, welchen diese von der Gesamtmasse des Baumes ausmachen, in Rechnung kommen dürfen. Man kann also nicht die an einem beliebigen Stück Holz von einer bestimmten Holzart ermittelten spezifischen Gewichte zur Rechnung benützen, sondern muss stets das Mittel für den ganzen Stamm aus zahlreichen Einzelerhebungen sorgfältig berechnen. Ferner muss dieses Resultat stets auf den wasserfreien Zustand umgerechnet werden, indem man die Zahl der in einem Volumen frischen Holzes enthaltenen Trockensubstanz, wie sie durch Wägung nach mehrstündigem Austrocknen bei 105° C. gefunden wird, durch das Frischvolumen teilt. In dieser Weise hat Prof. Dr. Robert Hartig 1885 eine grosse Anzahl Nadelholzbäume untersucht, während ich für die Trauben-Eiche und Rot-Buche ähnliche Erhebungen, wenn auch in geringerer Zahl angestellt hatte; für die Birke hat Prof. Dr. Jul. von Schröder analoge Erhebungen publiziert. Da die Ertragstafeln der verschiedenen Autoren aus einer grossen Anzahl Einzelaufnahmen in sehr verschiedenen Lagen und Standörtlichkeiten konstruiert sind, so muss auch das Gehalt von 1 Festmeter an Trockensubstanz aus einer grösseren Zahl von Bäumen von verschiedenen Wachstumsverhältnissen und Ursprungsorten ermittelt werden. Ich lege deshalb der Rechnung folgende Gewichtszahlen zu Grunde.

In 1 Kubikmeter frischen Holzes ist organische Substanz enthalten im Mittel aller Bestimmungen und im Durchschnitte der ganzen Stämme: Kiefer nach Rob. Hartig 424 kg, Fichte nach demselben 415 kg, Weisstanne nach demselben 375 kg, Traubeneiche nach R. Weber 635 kg, Rotbuche nach R. Weber 610 kg, Birke nach J. v. Schröder 533 kg.

Da die meisten dieser Zahlen an haubaren Stämmen erhoben worden sind, so können sie auf die jugendlichen Bestände nicht übertragen werden, weshalb in den folgenden Tabellen nur die Bestandes-Altersstufen von 60—120 Jahren der Berechnung unterstellt wurden. Hiebei wurde eine Trennung der Ertragstafeln nach den Zwecken, die bei deren Aufstellung befolgt wurden, vorgenommen, indem jene Tafeln, welche zur

Ertragsschätzung ganzer Bestandsabteilungen von mittlerem Bestockungsgrade[108]) dienen sollen und die in der Forsteinrichtung zu unmittelbar praktischen Zwecken Verwendung finden, gesondert von denjenigen betrachtet wurden, welche die wissenschaftliche Erforschung des Zuwachsganges der einzelnen Holzarten mittelst kleiner aber vollkommen normal bestockter Probeflächen erstreben. Erstere sind in der Tabelle A, letztere in der Tabelle B zusammengestellt, beide sind unter sich nur mit einer gewissen Reserve vergleichbar, namentlich unter Beachtung der durch Schneedruck, Insektenschaden, Windwurf etc. etc. verursachten Abnormitäten im Schluss und der Stammzahl.

Unter den zahlreichen Ertragstafeln musste natürlich eine Auswahl getroffen werden und es enthalten die nachfolgenden Berechnungen nur jene von Dr. H. Burckhardt (in den „Hülfstafeln für Forsttaxatoren“ Hannover 1873), von Dr. Theod. Hartig[109]), von Dr. Robert Hartig[110]), von Prof. Dr. F. von Baur[111]), von Prof. Schuberg[112]), von Gerwig[113]), von Prof. Dr. Kunze[114]), von Prof. Dr. T. Lorey[115]) und Prof. Weise[116]).

In der ersten Auflage dieses Handbuches ist die Berechnung der Masse an jährlich erzeugter Trockensubstanz im einzelnen durchgeführt; hier mögen der Raumersparnis wegen nur die Endziffern der Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt werden. (S. die Tabelle auf S. 80.)

Die Standortsklassen, nach welchen die Ergebnisse der Probeflächenaufnahmen angeordnet sind, bedeuten bei den einzelnen Autoren nicht immer identische Begriffe, sondern sind als grosse Durchschnitte der Verschiedenheiten in den Ertragsverhältnissen einzelner Länder aufzufassen; bei den neueren Ertragstafeln bildet in der Regel die mittlere Bestandeshöhe den Massstab für die Standortsgüte, die Klassen umfassen dann oft sehr verschiedene geognostische Gebiete und Terrainverschiedenheiten.

(S. Tabelle Seite 80).

Diese Zahlenreihen zeigen, dass man in der forstlichen Praxis folgende Bonitierung vorzunehmen pflegt, wobei im grossen Durchschnitte

I. Standortsklasse die Bestände von 3000—4000 kg jährl. Massenzunahme pro ha
II. „ „ „ „ 2500—3000 „ „ „ „ „
III. „ „ „ „ 2000—2500 „ „ „ „ „
IV. „ „ „ „ 1500—2000 „ „ „ „ „
V. „ „ „ unter 1500 „ „ „ „ „

108) Nach Rob. Hartigs „Rentabilität der Fichtennutz- und Buchenbrennholzwirtschaft“, Stuttgart 1868, Cotta, S. 57, ist die Differenz der konkreten Bestände gegen die vollbestockten normalen Probeflächen bei 60 Jahren = 6,5%, bei 70 Jahren = 7,5%, bei 80 Jahren = 8,5%, bei 90 Jahren = 9,5%, bei 100 Jahren = 11,0%, bei 110 Jahren = 13,0% des Normalertrags.

109) Dr. Theod. Hartig „System und Anleitung zum Studium der Forstwirtschaftslehre“. Leipzig 1858. S. 198.

110) Dr. Rob. Hartig „Vergleichende Untersuchungen über Wachstumsgang und Ertrag“ etc. Stuttgart 1865, Cotta.

111) Dr. F. v. Baur „Die Rotbuche in bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form“. Berlin 1881, P. Parey. Desselben „Die Fichte in bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form“. Berlin 1877, J. Springer.

112) Schuberg „Das Gesetz der Stammzahl und die Aufstellung von Ertragstafeln“. Forstwirtschaftl. Centralblatt 1880. S. 290.

113) Gerwig „Die Weisstanne“.

114) Kunze „Beiträge zur Kenntnis des Ertrages der Fichte“ etc. Suppl. z. Tharandter Jahrb. 1878.

115) Dr. Th. Lorey „Ertragstafeln für die Weisstanne“. Frankf. a/M. 1884, Sauerländer.

116) Weise „Ertragstafeln für die „Kiefer“. Berlin 1880.

A. **Bestände von mittlerem Bestockungsverhältnisse** (Tab. A) zeigen eine:

	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Trockensubstanz					
1) auf bester Standortsklasse:	Eichen	Rotbuchen	Fichten	Kiefern	Birken	Gesamt-Durchschnitt
	Kilogramm pro Hektar					
im Kulminationspunkte	3175	3219	3159	2538	3291	—
im Mittel von 60—120 Jahren	3097	3118	3041	2356	(3102)	2943
2) auf zweiter Standortsklasse:						
im Kulminationspunkte	2822	2772	2763	2085	2665	—
im Mittel von 60—120 Jahren	2740	2701	2642	1892	(2495)	2494
3) auf dritter Standortsklasse:						
im Kulminationspunkte	2413	2463	2314	1611	1620	—
im Mittel von 60-120 Jahren	2344	2333	2223	(1499)	—	2100
4) auf vierter Standortsklasse:						
im Kulminationspunkte	2145	2104	1915	1208	—	—
im Mittel von 60—120 Jahren	2065	1990	(1839)	(1123)	—	1779
5) auf fünfter Standortsklasse:						
im Kultminationspunkte	1814	1743	1464	807	—	—
im Mittel von 60—120 Jahren	1752	1616	1365	(777)	—	1378

B. **Vollkommen normal bestockte Probeflächen,** am dominierenden Bestande allein:

1) auf bester Standortsklasse:	Rotbuchen	Weisstannen	Fichten	Kiefern	Gesamt-Durchschnitt
im Mittel von 60—120 Jahren	3948	3993	4988	3145	
	3909	3588	4098	2866	
	3689		3875		
	4356		4596		
Durchschnitt der Einzelangaben	3975	3790	4389	3004	3789
2) auf zweiter Standorstsklasse:					
im Mittel von 60—120 Jahren	3439	3055	3242	2256	
	3634	2702	3776		
Durchschnitt der Einzelangaben	3537	2778	3509	2256	3020
3) auf dritter Standortsklasse:					
im Mittel von 60—120 Jahren	2861	2348	2442	1745	
	2790	2013	3056	—	
	2826	2186	2749	1745	2377
4) auf vierter Standortsklasse:					
im Mittel von 60-120 Jahren	2417	—	1680	1525	
	2135	—	2324		
	2276	—	2002	1525	1934

aller Holzarten zusammenfasst, ohne dass man sich jedoch dieser Tatsache klar bewusst ist, sondern indem man sich an einzelne Faktoren der Massenermittlung z. B. der Höhe, der Stammgrundfläche oder auch an Merkmale der Bodenbeschaffenheit z. B. die Tiefgründigkeit, den Feinerdegehalt, Feuchtigkeitsgrad, Humusreichtum hält. Dass die Kiefernbestände in obigen Zusammenstellungen ein Zurückbleiben des Massenertrages hinter den anderen Holzarten zeigen, möchte überraschen, da wir ja gewohnt sind, die Kiefer als eine raschwüchsige Holzart zu bezeichnen; indessen ist zu beachten, dass diese Holzart sich schon frühzeitig licht stellt, eine relativ geringe Stammzahl pro ha aufweist und dass die Kiefernböden überhaupt in der Regel schlechtere Standorte sind, als die gleich benannten Standortsklassen für Buchen, Weisstannen und Fichten.

Alle diese Erörterungen beziehen sich nur auf den Zuwachs am dominierenden Bestande, weil dieser allein unter den verschiedenen Ertragstafeln vergleichbar ist. In welcher Weise die Vorerträge an Zwischennutzungen die Massenzunahme an Trockensubstanz beeinflussen, zeigen einzelne der Tabellen; hiernach steigert sich unter Einrechnung der Durchforstungsergebnisse der Massenertrag der I. Standortsklasse um 33—38% des Gesamtertrages und beträgt 5000—7000 kg pro Jahr und

Hektar. Die grösste Masse solcher Vorerträge zeigen die Kiefernbestände, wo dieselben fast 40% ausmachen und den Gesamtertrag in bemerkenswerter Weise steigern.

Es erübrigt nun noch zu der oberirdischen Holzmasse den Zuwachs an Stock- und Wurzelholz hinzuzufügen, um die Gesamtmenge der Holzproduktion zu erfahren. Die Erfahrungstafeln beziehen sich gewöhnlich nur auf die oberirdische Masse des Bestandes, doch ist konstatiert, dass die Stockholzmasse bei Buchen mindestens 20%, in langschaftigen haubaren Beständen 25%, in kurzschaftigen sogar 33% derselben ausmacht, während bei Kiefern 20—26%, bei Fichten 25—34% der oberirdischen Masse anfällt. Im Durchschnitte werden daher pro Jahr und ha ca. 600 kg Trockensubstanz in Form von Stockholz produziert, was in Anbetracht der Kurzschaftigkeit der Bestände auf schlechteren Bodenklassen auch für diese zutreffen dürfte. Ausser der Holzproduktion findet aber noch eine sehr bedeutende Erzeugung von organischer Substanz in Gestalt der jährlich abfallenden Blätter und der Nadeln der Koniferen, welche 3—7 Jahre ausdauern, im Walde statt. Dr. Ebermayer hat die Grösse dieser Produktion auf Grund einer grossen Versuchsreihe, die von der bayerischen Forstverwaltung durchgeführt wurde, bestimmt und als Endergebnis einen Jahresertrag an Trockensubstanz pro ha von folgenden Gewichtsmengen gefunden:

Streuergebnis	in Buchenbeständen	in Fichtenbeständen	in Kiefernbeständen
	3331 kg	3007 kg	3186 kg

Die Gesamtmenge der in Beständen erster Standortsklasse jährlich pro ha erzeugten Masse organischer Trocken-Substanz muss daher auf rund 9—10 Tonnen (à 1000 kg) veranschlagt werden, worin 100—250 kg Asche sind. Im Vergleich zu den durch die landwirtschaftlichen Betriebe pro Jahr und ha erzeugten Mengen von organischer Substanz, welche schon J. v. Liebig auf:

5000 kg Heu
3600 „ Runkelrüben

veranschlagt, kommt daher dem Walde immerhin eine etwas höhere Massenproduktion an Trockensubstanz zu.

§ 34. Nachdem gezeigt worden ist, dass die bisher aufgestellten Ertragstafeln in Verbindung mit den experimentell gefundenen spezifischen Trockengewichten für gleiche Standortsgüten annähernd gleiche Gewichtsmengen organischer Substanz als jährlichen Durchschnittszuwachs angeben, mögen hier die Konsequenzen aus dieser Tatsache gezogen werden. Zunächst folgt hieraus, dass die verschiedenen bestandbildenden Holzarten in ihrem Kronenraume gleich viel Lichtstrahlen von physiologischer Wirksamkeit mittelst ihres Chlorophylls absorbieren und zu Assimilationsvorgängen, d. h. zur Zerlegung von annähernd gleichen Kohlensäuremengen verwenden, sobald die Bedingung einer ununterbrochenen, hinreichenden Wasserzufuhr durch die Wurzeln und ausreichender Lieferung der mineralischen und stickstoffhaltigen Nährstoffe aus dem Boden erfüllt ist, sobald ferner die mittlere Sonnenwärme und Vegetationsdauer nicht erhebliche Abweichungen zeigen. Da nun durch zahlreiche Elementaranalysen eine bemerkenswerte Uebereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung der Trockensubstanz der verschiedenen Holzarten konstatiert worden ist, indem dieselbe durchschnittlich aus

50% Kohlenstoff
6 „ Wasserstoff
42 „ Sauerstoff
1 „ Stickstoff
1 „ Aschenbestandteilen

besteht, so folgt hieraus, dass die jährliche Produktion annähernd gleicher Mengen von

Kohlenstoff und Wasserstoff, d. h. von brennbarer Substanz bei den verschiedenen Holzarten stattfinden müsse. In den 4000 kg jährlich pro ha erzeugter Holzmasse wären daher ca. 2000 kg Kohlenstoff mit einer theoretischen Verbrennungswärme von 7170 × 2000 = 14340000 Kalorien, d. h. einer Wärmemenge, welche 143,4 cbm Wasser von 0 auf 100° C. erwärmen könnte. In diesem Sinne berechnet sich der Vorrat an Kohlenstoff in den 100jährigen Holzbeständen in Tonnen (à 1000 kg) pro Hektar aus den verschiedenen Ertragstafeln folgendermassen:

	I. Standortsklasse	II.	III.
Eichen nach Burckhardt	157 t	139 t	121 t
Buchen „ „	159 „	136 „	116 „
dto. (im Elm) nach Theod. Hartig	193 „	—	—
dto. (Wesergebirge) nach Robert Hartig	189 „	—	—
dto. (Spessart) derselbe	179 „	—	—
dto. (Württemberg) nach F. v. Baur	219 „	184 „	144 „
dto. (Baden) nach Schuberg	— „	171 „	142 „
Weisstannen nach Gerwig	202 „	157 „	—
dto. nach Lorey	199 „	149 „	114 „
Fichten nach Burckhardt	154 „	132 „	115 „
dto. (Harz) nach Rob. Hartig	234 „	—	—
dto. „ derselbe	196 „	—	—
dto. (Württemberg) nach F. v. Baur	187 „	159 „	121 „
dto. (Sachsen) nach Kunze	214 „	178 „	142 „
Kiefern nach Burckhardt	115 „	91 „	67 „
dto. (Pommern) nach R. Hartig	156 „	—	—
dto. nach Weise	135 „	105 „	83 „
Mittel aus obigen	180 t	146 t	117 t

Die theoretische Heizkraft der 100jährigen Bestände auf erster Standortsklasse würde daher pro ha durchschnittlich einer Erhitzung von 12906 t Wasser um 100° C. gleichkommen, d. h. um eine Wasserschichte, welche 1 Hektar in der Höhe von 129 cm bedeckte vom Eispunkt zum Siedepunkt zu erwärmen. Diese Erzeugung von Heizwert ist nach obigem für die verschiedenen Holzarten im grossen Durchschnitte dieselbe.

§ 35. Die Brennstoffproduktion war ursprünglich und lange Zeit hindurch weitaus die wichtigste Aufgabe der Waldwirtschaft, erforderte doch schon unser Klima eine künstliche Wärmequelle, um überhaupt für Menschen bewohnbar zu sein. Auch die ersten Anfänge einer Verarbeitung der Erze, sowie Entwicklung der verschiedenen Industriezweige bedurften der Macht des Feuers und suchten daher mit Vorliebe die grossen Waldgebiete in ähnlicher Weise auf, wie dies gegenwärtig mit den Kohlenfeldern der Fall ist. Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts lieferte in Deutschland der Wald fast ausschliesslich das Brennmaterial, dessen nachhaltige Lieferung und zweckmässige örtliche Disponierung damals eine wichtige Aufgabe der Forstverwaltung war. Bei den noch ziemlich primitiven und verschwenderischen Feuerungs-Anlagen war der Bedarf ein grosser und die Einführung holzersparender Einrichtungen war deshalb ein von den Obrigkeiten allerorts verfolgtes Ziel, obgleich es den rein fiskalischen Zwecken eigentlich zuwiderlief. Noch Hundeshagen berechnete den jährlichen Holzbedarf pro Kopf der Bevölkerung auf 1 cbm und mit Einrechnung der Gewerbehölzer auf 1,70 cbm. Hiebei rechnete man für die Landbevölkerung wegen der Viehhaltung erheblich mehr, z. B. nach Ranke 3—3½ Ster pro Kopf, auf die Stadtbevölkerung weniger. Noch in jüngster Zeit wurde der Holzbedarf pro Einwohner in der Schweiz auf 1,27 cbm, in Frankreich auf 1,44 cbm, in Italien auf 1,25 cbm angegeben.

Einen ausserordentlichen Umschlag in dieser Richtung der Produktion brachte aber der enorme Aufschwung der Ausbeutung der Steinkohlenlager sowie der übrigen fossilen Brennstoffe hervor. Hier ist es die chemische Energie, die zu jenen fernen

Zeiten der Sonne entstammte, als das Lepidodendron und die Calamiten in den vorweltlichen Wäldern grünten, von welchen die Gegenwart Gebrauch macht. Bloss in den deutschen Stein- und Braunkohlenzechen stieg die Ausbeute in folgender Reihe:

Jahr	1860	1866	1872	1878	1884	
Jahres-Förderung	12,3	28,2	42,3	48,2	72,1	Millionen t à 1000 kg
Verbrauch pro Kopf	—	730	1129	1114	—	kg pro Einwohner,

während die jährliche Förderung innerhalb 1860 bis 1880 sich

in Grossbritannien	von 85,4 Mill. t	auf 149,3 Mill. t,	
in Frankreich	„ 8,3 „ „	„ 19,4 „ „	
in Belgien	„ 9,6 „ „	„ 16,9 „ „	
in Oesterreich	„ 3,5 „ „	„ 16,0 „ „	
in obigen 5 Staaten	„ 119,1 „ „	„ 260,8 „ „	gesteigert hat.

Bloss die deutsche Förderung surrogiert daher annähernd

durch 57 Mill. t Steinkohlen	ca. 238 Mill. Festmeter Brennholz	
„ 15 „ „ Braunkohlen	„ 53 „ „ „	
„ 72 „ „ Ausbeute pro 1884	„ 291 „ „ „	

oder wenn man den Durchschnittszuwachs in Deutschland = 3,76 cbm pro ha ansetzt, so entsprechen diese Surrogate dem Zuwachs von 77$^1/_2$ Millionen ha, also eine Fläche, die über 5$^1/_2$mal grösser wäre als alle Wälder des deutschen Reiches zusammengenommen. Diese Ausbeute fossiler Brennstoffe muss für längere Zeiträume als dauernd angenommen werden, obgleich die Geologen eine Erschöpfung der scheinbar unermesslichen Schätze in Aussicht stellen. Demnach muss sich auch die Forstwirtschaft dieser ausserordentlichen Surrogierung der Brennstoffe akkommodieren und selbstverständlich auf die reine Brennholzwirtschaft Verzicht leisten. Es ist aber interessant, zu untersuchen, welche Quantitäten Brennholz in grossen Konsumtionszentren trotz aller Konkurrenz der Mineralkohlen noch verbraucht werden:

Im Jahre 1880 wurde in folgenden Städten verbraucht:

	Brennholz Ster	Holzkohlen Hektoliter	also pro Kopf der Bevölkerung rm Brennholz	hl Holzkohlen
in Paris[117])	896 465	5 455 750	0,45	2,75
in Berlin[118])	558 095	—	0,58	—
in Wien[119])	439 600	34 350	0,69	0,05
in Strassburg[120])	69 637	73 414	0,66	0,70

Mithin ist in den grossen Städten des Kontinentes immerhin ein durchschnittlicher Konsum von $^1/_2$ bis $^2/_3$ Raummeter Brennholz pro Kopf der Bevölkerung anzunehmen, wozu noch in Frankreich ein durch die Gewohnheit der Bevölkerung in Küche und Haus, auch vielleicht die kleine Metallindustrie bedingter starker Konsum an Holzkohle kommt, der in Deutschland sehr klein ist.

§ 36. Gleichzeitig, während die Steinkohlen-Konkurrenz die Brennstoffe des Waldes nahezu überflüssig zu machen schien, trat aber auch z. Teil in Wechselwirkung mit diesen plötzlich entdeckten Kraftvorräten eine noch nie dagewesene Steigerung der industriellen und Handelstätigkeit ins Leben. Diese mächtige Entwicklung der Arbeitsstätten, der Schienenwege, der Telegraphen und das rasche Anwachsen der Städte erforderte wiederum eine ganz ungewöhnliche Menge Nutzhölzer der verschiedensten Art für Bauzwecke, für Grubenzimmerung, Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen, Fass-

117) Annuaire des Eaux et Forêts 1885.
118) Hagen-Donner „Die Forstl. Verhältnisse Preussens". Berlin 1883. Bd. II. S. 20.
119) Oesterr. Forstztg. 1884. No. 25.
120) Verwaltungs-Rechnung der Stadt Strassburg 1879/80.

und Kistenholz, so dass dem Absatz der Forstprodukte an Stelle der verloren gegangenen sich viele neue Konsumtionsgebiete eröffneten. Dies wirkte nicht bloss auf die Benutzung der vorhandenen alten Vorräte, sondern machte sich auch in der Anzucht der neuen Bestände nach manchen Hinsichten geltend. — Nutzholzzucht war die notwendige Signatur aller forstlichen Bestrebungen geworden und wer die geschichtliche Entwicklung der forstlichen Produktion richtig verstehen lernen will, muss immer gleichzeitig die Fortschritte der fossilen Brennstoff-Surrogate vor Augen haben. In welcher Weise sich diese Tendenz des Uebergangs von der Brennholzerzeugung zur Nutzholzwirtschaft in den deutschen Staaten vollzog, lehrt nachstehende Uebersicht über die prozentische Nutzholzausbeute der Staatsforste in den einzelnen Dezennien:

Jahr	in Preussen	Kgr. Sachsen	Bayern	Württembg.	Baden
1850	26%	35%	16%	26%	24%
1860	27 „	47 „	19 „	32 „	28 „
1870	30 „	61 „	32 „	40 „	34 „
1880	29 „	75 „	33 „	39 „	35 „
1885	39 „	80 „	43 „	47 „	32 „
1890	47 „	80 „	46 „	54 „	42 „
1895	51 „	79 „	48 „	53 „	44 „
1900	—	82 „	50 „	57,5 „	48 „

In den Staatsforsten Frankreichs war im Jahr 1876 das Nutzholzprozent = 31%, in den Gemeindewäldern = 20%. Nur die übermässige Einfuhr von Nutzhölzern aus benachbarten Ländern: Russland, Skandinavien, Oesterreich verursacht noch periodisch einen Rückgang der Nutzholzausbeute. Uebrigens wechselt der Bedarf an Nutzholz selbst wieder qualitativ nach Zeit und Ort, wie uns die Verdrängung der Holzschwellen durch den „eisernen Oberbau“, der hölzernen Brücken und Dachstühle durch eiserne, der Holzschiffe durch Stahl u. s. w. lehrt, während umgekehrt neue Verwendungsarten in ungeahntem Umfange auftauchen, wie die Holzstoff- und Cellulose-Industrie, die schon gegenwärtig im deutschen Reiche 1 235 500 Raummeter Holz, das hauptsächlich als Brennholz fassoniert ist, konsumiert, wie ich im Allg. Anzeiger f. Forstprod. Verkehr 1885 Nr. 33 nachgewiesen habe. In ähnlicher Weise gehen unter dem Einfluss der Technik fortwährende, oft gar nicht auffällige Veränderungen in den Konsumverhältnissen des Rohstoffes vor sich, wie z. B. das Aspenholz für schwedische Zündhölzer, das Erlenholz zu Cigarrenkisten, die Buche zu gebogenen Möbeln, zu Parquetten und Packfässern erst in neuerer Zeit Verwendung gefunden hat. Weitaus der grösste Teil des Nutzholzes findet allerdings seine Verwendung in der Bau- und Möbelindustrie, so dass die Sägewerke immerhin als die wichtigsten Verarbeiter des Rohstoffes anzusehen sind. Alle diese Verhältnisse, die für den praktischen Betrieb und für die Rentabilität höchst wichtig sind, können hier nur flüchtig angedeutet werden, da ihre gründliche Erörterung in das Gebiet der Statik und Forstbenutzung gehört. Unter dem Einflusse aller der genannten naturgesetzlichen und wirtschaftlichen Faktoren hat sich gegenwärtig folgende Verteilung der Holz- und Betriebsarten in den Waldungen Deutschlands herausgebildet[121]: Die Laubhölzer nehmen 34,5% der gesamten Forstfläche ein, die Nadelhölzer dagegen 65,5% derselben; die einzelnen Betriebsarten umfassen folgende Prozentanteile derselben: Eichenhochwald 3,5%, Buchenhochwald 14,7%, Birken-, Erlen-, Aspenhochwald 3,3%, Eichenschälwald 3,1%, Weidenheeger 0,3%, sonstiger Stockausschlag ohne Oberholz 3,1%, Mittelwald 6,5%, Kiefern 42,6%,

---

121) „Beiträge zur Forststatistik des Deutschen Reiches“ bearbeitet vom kais. Statist. Amte. Berlin 1884.

Fichten und Weisstannen 22,6%, Lärchen 0,3%.

§ 37. Bekanntlich wird die von den Waldbäumen durch Assimilation erzeugte organische Substanz durch Umbildung in Holzfaser in ausdauernder Form abgelagert und zwar geschieht dies, entsprechend dem Bau der dikotylen Gewächse, durch Verlängerung der Axen und durch alljährliche Anlage eines neuen Holzringes vom Kambialringe aus. Auf einem Stammquerschnitte erscheinen daher die Schichten der jedes Jahr gebildeten Holzzellen samt den Gefässen konzentrisch angeordnet und von Markstrahlen radial durchsetzt, so dass der Aufbau des Holzkörpers meistens eine grosse Regelmässigkeit zeigt und die Anwendung der stereometrischen Berechnung zur Bestimmung der Zuwachsgrössen gestattet. Während demnach die agrikulturchemische Betrachtungsweise die Massen der Vorräte und des Zuwachses nach dem Gewichte der Trockensubstanz ausdrückt, rechnet die forstliche Praxis und der Holzhandel nur nach kubischen Massen. Für Stämme und deren Abschnitte ist die Rechnungseinheit der Kubikmeter für die solide Holzmasse, wie sie sich auf Grund der stereometrischen Formel (meist als Paraboloid) aus den gemessenen Dimensionen berechnet („Festmeter"), für geschichtetes Holz dagegen bildet der Raummeter, d. h. der mit losen Holzstücken ausgefüllte Raum eines cbm das einheitliche Mass, doch wird bei Summierung letzteres auf den Festgehalt reduziert.

Wie schon erwähnt (S. 79) haben vielfache wissenschaftliche Untersuchungen über die Zuwachs-Grössen, welche von verschiedenen Holzarten unter verschiedenen äusseren Bedingungen hervorgebracht werden, stattgefunden, welche sämtlich den Ertrag pro Flächeneinheit (ha) in kubischem Mass (cbm) angeben und den Wachstumsgang der einzelnen Holzarten bei verschiedenen Betriebsarten ausgeschieden nach Hauptnutzung (oder Abtriebsertrag) und nach Zwischennutzung (oder Vorerträgen) darstellen. Zur genaueren Feststellung der Zuwachsgesetze gehört aber auch die Angabe der Stammzahlen, der Stammgrundflächensumme und der Dimensionen der mittleren Modellstämme in verschiedenen Lebensaltern der Bestände. Die detaillierte Betrachtung dieses Gegenstandes fällt in das Gebiet der Holzmesskunde, weshalb hier die Mitteilung der Ertragstafeln selbst und der daraus abgeleiteten Zuwachsgesetze unterbleiben muss.

Die auf experimentellem Wege durch unmittelbare Messung zahlreicher Bestände gefundenen Zahlen der Ertragstafeln geben den Zuwachs der normal beschaffenen, vollkommen gleichartig bestockten und ganz geschlossenen Bestände an. Die wirklichen Wälder sind aber in der Regel sowohl hinsichtlich der Holzartenmischung, als auch der sonstigen Bestockungsart von einer normalen Beschaffenheit mehr oder weniger entfernt. Es ist daher von Interesse, die durchschnittlichen Materialerträge der Forstwirtschaft grösserer Gebiete kennen zu lernen, weil diese aus den wirklichen Betriebsergebnissen vieler Jahre und zahlreicher Verwaltungen statistisch hergeleitet sind, also die nachhaltigen Erträge des konkreten Waldes deutlicher erkennen lassen, wie die Ertragstafeln. In nachstehender Tabelle (S. 86) sind diese statistischen Daten aus verschiedenen Ländern zusammengestellt.

Aus diesen Ertragsziffern ergiebt sich, dass im Laufe dieses Jahrhunderts die Staatswaldungen der grösseren deutschen Staaten eine sehr bemerkbare Steigerung des Materialertrages aufweisen, was sowohl auf einer sorgfältigeren Kultur aller Blössen und Oedungen als auch auf vermehrtem Nadelholzanbau und Wahl ertragsreicherer Umtriebszeiten beruht. Die Schwankungen in den Erträgen ergeben sich meistens durch Sturmschäden und andere Katastrophen, während in Preussen seit 1866 durch den Zutritt der neuen Provinzen eine nachhaltige Besserung der Ertragsverhältnisse erfolgte. In welchem Grade die Holzarten den Ertrag beeinflussen, zeigt die württembergische Statistik, wo pro Jahr und ha gerechnet:

Wirkliche jährliche Abnutzungsgrösse in den Staatsforsten folgender deutscher Staaten.

Zeitabschnitte und Jahrgänge	Preussen [122]			Bayern [123]					Württemberg [124]			Baden [125]			Sachsen Kgr. [126]	Elsass-Lothringen [127]		
	Derbholz	Stockholz und Reisig	Zusammen	Finanzperioden	Derbholz	Stockholz	Reisig	Zusammen	Derbholz	Reisig	Zusammen	Derbholz	Reisig	Zusammen	Derbholz	Derbholz	Stockholz und Reisig	Zusammen
Mittel	Festmeter pro Jahr und Hektar des produktiven Waldbodens																	
1829/34	1,75	0,24	1,99	I	2,55	0,20	0,22	2,97	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1835/39	1,51	0,25	1,76	II	3,10	0,25	0,26	3,61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1840/44	1,45	0,35	1,80	III	3,20	0,30	0,31	3,81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1845/49	1,50	0,39	1,89	IV	3,45	0,40	0,35	4,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1850/54	1,52	0,40	1,92	V	3,14	0,37	0,33	3,84	—	—	—	—	—	—	3,19	—	—	—
1855/59	1,90	0,43	2,33	VI	3,24	0,40	0,33	3,97	4,12	—	—	—	—	—	3,35	—	—	—
1860/64	2,00	0,50	2,50	VII	3,43	0,58	0,36	4,37	4,05	1,22	5,27	—	—	—	3,55	—	—	—
1865/69	2,00	0,68	2,68	VIII	3,43	0,42	0,34	4,19	4,03	1,02	5,05	—	—	—	4,56	—	—	—
1869/74	2,20	0,85	3,05	69/74	4,34	0,32	0,52	5,18	4,90	0,90	5,80	—	—	—	4,26	2,87	0,81	3,68
1875/79	2,33	0,99	3,32	75/79	3,58	0,25	0,43	4,26	4,16	0,94	5,10	—	—	—	4,56	3,02	1,07	4,09
1880/84	2,56	0,89	3,45	80/84	3,45	0,18	0,44	4,07	4,21	—	—	4,53	1,07	5,60	5,23	3,07	1,00	4,07
1885/89	2,81	0,90	3,71	85/89	3,80	0,15	0,44	4,39	4,58	—	—	4,37	1,10	5,47	4,89	3,29	0,95	4,24
1889/90	2,96	0,92	3,88	90	4,01	0,16	0,46	4,63	4,47	—	—	4,66	1,15	5,81	5,09	3,53	0,85	4,38
1890/91	2,80	0,79	3,59	91	4,75	0,14	0,38	5,27	4,55	—	—	4,30	1,07	5,37	4,59	3,26	0,78	4,05
1891/92	2,98	0,88	3,86	92	5,48	0,16	0,42	6,06	4,53	—	—	4,22	1,09	5,31	4,98	5,09	0,88	5,97
1892/93	2,92	0,85	3,77	93	3,76	0,18	0,44	4,38	4,55	—	—	4,07	1,10	5,17	4,88	3,62	0,80	4,42
1893/94	3,89	0,82	4,71	94	3,98	0,19	0,45	4,62	4,49	—	—	4,17	1,03	5,20	5,27	3,59	0,77	4,36
1894/95	2,95	0,71	3,66	95	4,05	0,18	0,46	4,69	4,49	—	—	4,68	1,08	5,76	4,82	3,44	0,67	4,11
1895/96	3,15	0,81	3,96	96	5,66	0,16	0,46	6,28	4,48	—	—	5,04	1,09	6,13	4,86	3,66	0,78	4,44
1896/97	3,02	0,75	3,77	97	4,99	0,16	0,46	5,61	4,67	—	—	5,14	1,14	6,28	4,91	3,55	0,70	4,25
1897/98	3,06	0,79	3,85	98	4,29	0,16	0,42	4,87	4,68	—	—	5,04	1,10	6,14	5,25	3,77	0,70	4,47
1898/99	2,55	1,11	3,66	99	4,03	0,12	0,36	4,51	5,07	—	—	5,23	1,09	6,32	4,98	3,70	0,68	4,38

122) S. v. Hagen-Donner „Die forstl. Verhältnisse Preussens". Berlin 1883. II. Bd. S. 160.
123) Nach der „Forstverwaltung Bayerns". München 1861 u. Nachträgen in den forstl. Mitteilungen von 1901.
124) „Die forstl. Verhältnisse Württembergs". Stuttgart 1880 und statist. Nachweisungen bis 1899.
125) „Statistische Nachweisungen der Forstverwaltung des Grossherzogt. Baden". Karlsruhe 1884.
126) Nach Beyreuther „Allg. F. u. J.-Z." 1882. S. 46 und im Tharandter Jahrbuche.

	1882		1883	
	Derbholz	inkl. Reisig	Derbholz	inkl. Reisig
die Laubholzgebiete	2,85 fm	4,26 fm	3,07 fm	4,74 fm
die Nadelholzgebiete	5,24 „	5,99 „	5,41 „	6,23 „

abgeworfen haben.

Bezüglich der übrigen Länder möge noch beigefügt werden, dass in der Schweiz[128]) die Staatswaldungen durchschnittlich 4,75 Festmeter pro ha
die Gemeinde- und Genossenschaftswaldungen „ 3,57 „ „ „
die Privatwälder „ 3,37 „ „ „ ertragen.
Hiebei sind die Maxima der Erträge in den Staatsforsten 6,7 „ „ „ (St. Gallen)
„ Minima „ „ „ „ „ 2,0 „ „ „ (Unterwalden).

In Oesterreich sind die Erträge nach dem statistischen Jahrbuche des k. k. Ackerbau-Ministeriums vom Jahre 1895[129]) für die Waldungen aller Besitzeskategorien ein jährlicher Gesamt-Holzertrag pro Hektar und Jahr in Festmetern folgende:

Niederösterreich	3,13 cbm	Tirol	1,99 cbm
Oberösterreich	3,56 „	Böhmen	2,39 „
Salzburg	2,55 „	Mähren	3,12 „
Steiermark	3,22 „	Schlesien	3,56 „
Kärnten	3,29 „	Galizien	3,60 „
Krain	2,00 „	Bukowina	2,84 „
Küstenland	1,72 „	Dalmatien	1,15 „

Die bezüglichen Angaben für Ungarn[130]) ergaben als katastermässige Durchschnittserträge für die sämtlichen Wälder:

Betriebsarten:	Hoch-	Mittel-wald	Nieder-	Durchschnitt cbm pro ha
für Eichen (Q. pedunc. und sessilifl.)	3,04	2,99	2,55	2,80
„ Zerreichen (Q. Cerris)	3,02	.	2,48	2,74
„ Rotbuchen mit Hainbuchenmischung	2,78	2,92	2,61	2,71
„ Birken	2,45	3,68	3,49	3,35
„ Roterlen	2,57	3,64	3,85	3,68
„ Eschen, Ulmen und Ahorn	3,40	.	2,74	2,97
„ Fichten	4,24	.	.	4,24
„ Weisstannen	4,25	.	.	4,25
„ Kiefern (Pin. silv.) mit Schwarzkiefern (P. laricio)	3,58	.	.	3,58
„ Lärchen	3,61	.	.	3,61
Im Mittel des ganzen Landes	.	.	.	3,07

Hiebei sind 0,38% der Gesamtflächen I. Standortsgüte, 8,21% gehören der II., 38,99% der III., 39,10% der IV., 11,47% der V. und 1,85% der VI. Standortsgüte an.

In Frankreich war nach den Erhebungen vom Jahre 1876 der Jahresertrag an Holz pro ha Holzboden:

---

127) Nach v. Berg „Mitteilungen über die forstl. Verhältnisse in Elsass-Lothringen". Strassburg 1883. S. 163.

128) Nach dem Spezial-Katalog der Ausstellung für Forstwirtschaft in der schweizerischen Landesausstellung 1883.

129) Statist. Jahrbuch des k. k. Ackerbau-Ministeriums für 1895. Hof- und Staatsdruckerei. S. 58.

130) Nach Bedö „Die wirtschaftliche und commerzielle Beschreibung der Wälder Ungarns". Budapest 1885. I. Bd. S. 277.

	in den Staatsforsten		in den Kommunalforsten	
	durchschnittlich 3,515 Festmeter		2,854 Festmeter	
und zwar ertrugen				
über 5 cbm pro ha	7,8%	der Staatswaldfläche,	8,2%	der Kommunalwaldfläche
zwischen 4—5 „ „ „	22,6 „	„ „	22,4 „	„ „
„ 3—4 „ „ „	34,8 „	„ „	19,6 „	„ „
„ 2—3 „ „ „	6,1 „	„ „	4,2 „	„ „
„ 1—2 „ „ „	11,0 „	„ „	30,0 „	„ „
weniger als 1 „ „ „	17,8 „	„ „	15,6 „	„ „
	100,0		100,0	

Im allgemeinen zeigen obige Materialerträge, dass die durchschnittliche Standortsgüte der einzelnen Länder folgenden Bonitäten der Burckhardt'schen Normalertragstafeln annähernd entspricht, wenn man den Haubarkeits-Durchschnittsertrag bei 100 Jahren als Massstab benützt:

		Buchen	Fichten	Kiefern
Preussische Staatsforste		IV	V	IV
bayerische „		III—IV	IV—V	III
württembergische „		II—III	IV	II
badische und sächsische „		II	III—IV	I—II
elsass-lothringische „		IV	V	IV
Mähren und Kärnten,	Gesamtwald	IV	IV	.
Ober- u. Niederösterreich, Schlesien	„	III	IV	II—III
Böhmen, Salzburg und Steiermark	„	V	IV	III
Tirol und Krain	„	V	IV—V	.
Galizien und Bukowina	„	IV	V	.
Frankreich, Staatsforste		III—IV	IV—V	III
„ Kommunalforste		IV—V	V	III—IV

§ 38. Die Rohstoff-Erzeugung in der Forstwirtschaft ist, wie bereits gezeigt, als eine allmähliche Aufspeicherung derjenigen organischen Stoffe aufzufassen, welche den alljährlich sich summierenden chemischen Arbeitsleistungen des Sonnenlichtes ihren Ursprung verdanken. Die im vorstehenden berechneten Wärme- und Kraftvorräte, welche in einem 100jährigen Holzbestande enthalten sind und die durch dessen Verbrennung freigemacht werden können, sind die Summen derjenigen Anteile von 100 Sommerwärmen, welche das Chlorophyll der Blätter in jeder Vegetationsperiode zu chemischer Energie zu fixieren vermochte. Diese Summierung von Kraft aus zeitlich weit auseinander liegenden Perioden, die oft das durchschnittliche Menschenalter um ein mehrfaches übertreffen, ist charakteristisch für den Produktionsgang in der Waldwirtschaft und unterscheidet sie namentlich scharf von der Landwirtschaft, die meistens alljährlich die Produkte der abgelaufenen Vegetationsperiode erntet. Aus diesem Grunde spielt die Zeit eine so wichtige Rolle in der Erörterung der Ziele der Forstwirtschaft und in der Bemessung ihrer Ergebnisse. In dem ungestörten Wirken der Natur im Urwalde ist die Lebensdauer der Bäume begrenzt durch die elementaren Gewalten der Stürme, welche die überalten, oft schon von Fäulnis oder von Insekten angegriffenen Stämme niederwerfen und so einer jungen aus Samen nachwachsenden Generation von Bäumen Platz machen. Im wirtschaftlich behandelten Walde aber ist die Bestimmung der Hiebsreife der Bäume oder ganzer Bestände wesentlich durch Erwägungen wirtschaftlicher Natur geleitet. Der Gebrauchswert, den die einzelnen Holzarten bei verschiedenen Altersstufen für die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse haben, sowie die Rücksichten auf billige, zweckmässige Verjüngung, endlich der Wunsch nach möglichst baldigem Fruchtgenuss und

sonstige oft nur lokale Rücksichten (bei Servituten, Weide u. s. w.) bilden die Ursachen, weshalb man planmässig die gleichartigen Bestandsformen in einem Walde ein bestimmtes Durchschnittsalter erreichen lässt. Das Zeitintervall von der Bestandesbegründung bis zum mittleren Abtriebsalter heisst die Umtriebszeit. Kommen in einer Waldung verschiedene Holzarten räumlich von einander getrennt oder verschiedene Betriebsarten vor, so veranlasst dies häufig die Einführung zweier oder mehrerer verschiedener Umtriebszeiten neben einander, von denen jede einen gewissen Flächenteil, eine gewisse Anzahl Bestände umfasst und man nennt einen solchen Verband von Beständen mit einerlei Umtriebszeit eine Betriebsklasse. Je nach der Waldgrösse und nach den wirtschaftlichen Interessen der Besitzer erfolgen nun die Holzernten entweder nur gelegentlich bei eintretendem Bedarf, bei dringender Hiebsreife und sonstigen Veranlassungen, oder es werden planmässig alljährlich Nutzungen aus den ältesten Beständen entnommen; den ersteren Nutzungsgang heisst man aussetzenden Betrieb, den zweiten aber Nachhaltsbetrieb.

Für den Forstbetrieb im grossen Massstabe, wie ihn der Grossgrundbesitz, der Gemeinde- und Staatswaldbesitz repräsentiert, ist die auf das Prinzip der Nachhaltigkeit gegründete Forstwirtschaft eine gewisse Notwendigkeit, von der man sich prinzipiell nicht ungestraft entfernen darf, die aber in bezug auf die strenge Durchführung der Gleichheit der jährlichen Nutzungsgrössen gewisser Modifikationen fähig ist. Man versteht in diesem Sinne unter Nachhaltigkeit das wirtschaftliche Postulat, dass eine gewisse Fläche dauernd der Holzproduktion dienen soll, indem alle Flächenteile nach der Holzernte wieder mit Holzpflanzen bestockt werden, und dass der Nutzungsgang so eingerichtet werde, damit die alljährlich im ganzen Walde sich erzeugende Zuwachsmasse in Form eines gleich grossen Quantums haubaren Holzes vom normalen Alter der Umtriebszeit zur Nutzung komme. Die Nachhaltigkeit verlangt also die Herstellung des Gleichgewichtes zwischen Erzeugung und Nutzung, also die Stabilität des einer jeden Umtriebszeit entsprechenden stehenden Holzvorratsquantums im normal beschaffenen Walde.

Das Gegenteil einer nachhaltigen Wirtschaft heisst man Raubbau und versteht darunter eine solche Waldbehandlung, welche das Gleichgewicht zwischen Zuwachs und Nutzung stört, indem entweder die Holzernten über das Mass des nachhaltigen Ertrages dauernd gesteigert werden und dadurch den stehenden Vorrat aufzehren oder indem die Wiederverjüngung der Schlagflächen unterlassen oder geschädigt wird, oft auch indem die Produktivität des Bodens durch Entfernung der Streu oder des Humus dauernd sinkt. Da die bereits vorhandenen Holzbestände ein Produkt vieljähriger Vegetationsperioden der Vergangenheit sind, so erfordert die Erziehung haubarer Bestände von Umtriebszeiten, die 6–8 Dezennien übertreffen, eine konsequent durch 2—3 Generationen von Waldbesitzern durchgeführte Sparsamkeit und Enthaltsamkeit, weil auch die noch nicht ganz hiebreifen Bestände einen Gebrauchswert haben und von dem Besitzer nur mit einer gewissen Uneigennützigkeit und moralischen Aufopferung seinem Besitznachfolger intakt übergeben werden können. Diese Selbstverleugnung oder konservative Tendenz wird bei den kleinen Waldbesitzern zwar oft durch die Ortssitte und eine Hervorkehrung des eigenen behäbigen Wohlstandes in einem ansehnlichen Holzvorrat begünstigt, häufiger aber zwingen wirtschaftliche Notlage, momentaner Geldbedarf, Missernten und andere Kalamitäten die Besitzer zum Gegenteil, zur Antizipierung künftiger Holznutzungen und zum Verlassen der wirtschaftlichen Nachhaltigkeit, womit gewöhnlich der Ruin dieser Wälder eingeleitet ist.

Die Nachhaltigkeit der Waldbenutzung ist als Prinzip für die Staatsforsten in der Regel durch die Staatsgrundgesetze und Verfassungen sanktioniert, für Gemeinde-

und Körperschafts-, Instituten- und sonstige Fondsforste meistens ebenfalls mit Gesetzeskraft verfügt und beruht bei Fideikommissen und Nutzniessern auf privatrechtlichen Bestimmungen. Praktisch durchführbar ist aber eine auf Nachhaltigkeit gegründete Wirtschaft nur auf Grund sorgfältiger Ertragsermittlungen und einer planmässigen Ordnung des ganzen Nutzungs- und Verjüngungsbetriebes, weshalb die Aufstellung von Wirtschaftsplänen und deren konsequente allmähliche Durchführung die erste Voraussetzung einer rationellen und geordneten Wälderbewirtschaftung bildet.

Wenn man seinen Blick über die Grenzen der Staats- und der unter staatlicher Aufsicht stehenden Waldungen hinaus auf die zahlreichen Privatwälder richtet, wenn man ferner die Konsumverhältnisse des In- und Auslandes ins Auge fasst, so erhebt sich von selbst die Frage, wie verhält sich die Gesamtproduktion an Holz zu dem Gesamtverbrauche innerhalb eines grösseren Ländergebietes. Diese Frage hat schon im XVIII. Jahrhundert, wie im Eingange erwähnt, die Geister beschäftigt und fand ihren Ausdruck in der damals allgemein verbreiteten Befürchtung eines kommenden Holzmangels. In neuester Zeit ist diese Frage wieder angeregt worden durch ein Referat des Forstinspektors Mélard beim internationalen Forstkongress zu Paris 1900 über „die Nutzholzproduktion der Welt". Derselbe stellte auf Grund der Zollstatistik die Ein- und Ausfuhrmengen an Nutzholz, welche die einzelnen Länder im Jahre 1898 und zum Teil 1894—98 verzeichneten, zusammen und suchte so eine Bilanz des Importes und Exportes, zugleich aber auch ein Bild des internationalen Holzhandels in dieser Branche zu entwerfen. So betrachtet teilen sich die einzelnen Länder in zwei Gruppen: 1. die vorwiegend Nutzholz verbrauchenden und 2. die überwiegend solches ausführenden Länder. Zu der ersteren Gruppe gehören England mit ca. 12 Millionen Festmeter Nutzholz-Defizit pro Jahr, Deutschland mit 7,4 Millionen cbm, Belgien mit ca. 1,5 Millionen cbm, Frankreich mit 2¹/₃ Millionen cbm, Italien mit 0,7 Mill. cbm, woran sich noch Spanien, Portugal, Holland, Dänemark, Schweiz, Griechenland, Serbien, Bulgarien und von aussereuropäischen Ländern die Kapkolonie, Argentinien, China und Japan anreihen, deren Mehr-Einfuhr sich nur annähernd berechnen lässt. Insgesamt haben diese Länder einen Mehrbedarf an Nutzholz im Werte von 943,9 Millionen Mark pro Jahr. Die Gruppe der überwiegend Nutzholz exportierenden Länder setzt sich zusammen aus Oesterreich-Ungarn mit einem Ueberschusse der Ausfuhr von ca. 5,3 Millionen cbm Nutzholz, Schweden mit ca. 6,4 Millionen cbm, Russland mit 7,3 Millionen cbm, Finnland mit 3,3 Millionen cbm, Norwegen mit ca. 1,5 Millionen cbm, wozu noch Canada, die Ver. Staaten von N.-Amerika, britisch Indien und Rumänien hinzutreten, deren Export sich nicht nach cbm schätzen lässt; dem Werte nach ist insgesamt der Ausfuhr-Ueberschuss dieser Länder auf 728,3 Millionen Mark geschätzt. — Das Bedenkliche ist einerseits die starke Progression, in welcher die grossen Industriegebiete ihre Einfuhr steigern (z. B. England von 3,8 Millionen cbm im Jahre 1860 auf 10,2 Millionen cbm im Jahre 1890 und 12,5 Mill. cbm im Jahre 1898), anderseits die Abnahme oder wenigstens das Beharren der Ausfuhr in den meisten Ländern der zweiten Gruppe.

Diese Frage hat mittlerweile verschiedene Gegenäusserungen hervorgerufen, welche sich teils auf den pessimistischen Standpunkt Mélard's stellen, teils aber eine optimistischere Perspektive eröffnen, insoferne, als die Produktions-Verhältnisse grosser Gebiete z. B. Russlands noch einer erheblichen Steigerung bezw. Erschliessung fähig sind und sich durch die Statistik jetzt nur unvollkommen darstellen lassen, so dass die Frage, ob die Weltwirtschaft gegenwärtig im Zustande eines reinen Raubbaues an Nutzholz befinde, noch als eine offene zu betrachten ist, da sie erst durch eine genauere Produktionsstatistik beantwortet werden kann.

2. Die menschliche Arbeit als Produktionsfaktor in der Forstwirtschaft.

§ 39. Die Naturkräfte, welche sich am Assimilations- und Wachstumsprozesse der Pflanzen beteiligen, bewirken für sich allein noch keine Produktion in wirtschaftlichem Sinne, vielmehr geschieht dies erst durch den Aufwand menschlicher Arbeitskraft, welche auf die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse gerichtet ist. Aber der Grad dieses Arbeitsaufwandes ist in den verschiedenen Betriebsarten der Forstwirtschaft ein sehr verschiedener, je nachdem sie sich mehr der rohen Form primitiver Okkupation nähern oder den arbeitsintensiveren landwirtschaftlichen Betrieben nachgebildet sind, wie z. B. der Schälwaldbetrieb, die Weidenheeger-, die Waldfeldbau-Wirtschaft. Im allgemeinen ist es ein schon seit langer Zeit anerkannter Grundsatz, dass der Waldbau zu den extensiveren Formen der Bodenbewirtschaftung gehöre[131]), d. h. dass er vermöge seines langsamen Produktionsganges nicht den Aufwand von viel Arbeit verlohne, aber auch ohne Düngung, Bodenbearbeitung und alljährlichen Aufwand an Saatgut etc. Erträge abwerfe.

Während in den extensivsten Formen der Exploitation grosser Waldgebiete, wie sie z. B. in Canada betrieben wird, nur die Arbeitsaufwendungen für Zugutemachung und Transport der Hölzer in Betracht kommen, findet in der auf Nachhaltigkeit der Nutzung, d. h. Wiedererzeugung von Beständen an der Stelle der abgeholzten, basierten geregelten Forstwirtschaft eine Reihe von hierauf gerichteten Arbeitsteilen von Kulturtätigkeit, Bestandespflege und Wegebau Anwendung, und in Kulturländern mit einigermassen dichter Bevölkerung wird man in der Regel ausserdem die technisch höher stehenden Arbeitsleistungen für Schutz und für die Betriebsführung nebst sämtlichen Administrations-Geschäften entwickelt finden. Um eine beiläufige Vorstellung von dem Arbeitsquantum zu geben, welches im grösseren Forsthaushalte erfordert wird, führe ich nachstehende Angaben verschiedener Schriftsteller an:

Nach Hundeshagen[132]) kommen	durchschn. auf je 1 qkm (= 100 ha)	Hochwald	235 Arbeitstage
„ Frhr. v. Berg[133]) im Tharander Rev.	„ „ „	„	567 „
„ demselben im Kupferhütter Reviere	„ „ „	„	925 „
„ Bernhardt[134]) bei Hochwaldbetrieb	„ „ „	„	625 „ 49 Fuhrlohnt.
„ demselben bei Haubergswirtschaft	„ „ „	„	1390 Arbeitstage

Andere Erfahrungssätze[135]) liegen aus der Tuchler Heide von 75516 ha Grösse vor; daselbst sind ständig beschäftigt 141 Schutzbedienstete, Aufseher und Waldwärter, ca. 1100 Waldarbeiter, 110 Fuhrleute, 35 Arbeiterinnen, in Sa. 1386 Personen ständig. Nebenerwerb beziehen 805 Taglöhner, 260 Holzfuhrleute, 2300 Sammler von Raff- und

---

131) Interessant und, wie mir scheint, wenig bekannt ist ein hierauf bezüglicher merkwürdiger Ausspruch des bekannten Naturforschers M. de Buffon in seinem Mémoire sur la culture des forêts (Hist. de l'Acad. Roy. année 1742) S. 238, worin er nach Schilderung der Misserfolge, die er mit dem Aufwand von viel Bodenbearbeitung in seinen Eichenkulturen hatte, wörtlich also fortfährt:

„Je l'ai dit et je le répète, on ne peut trop cultiver la terre lorsqu'elle nous rend tous les ans le fruit de nos traveaux; mais lorsqu'il faut attendre vingt-cinq ou trente ans pour jouir, lorsqu'il faut faire une dépense considérable pour arriver à cette jouissance, on a raison d'examiner, on a peut-être raison de se dégoûter. Le fonds ne vaut que par le revenu, et quelle différence d'un revenu annuel à un revenu éloigné, même incertain!"

Ist hier nicht der Grundgedanke der Reinertragstheorie klar ausgesprochen?

132) Hundeshagen „Encyklopädie der Forstwissenschaft". Tübingen 1835.

133) v. Berg „Staatsforstwirtschaftslehre". Leipzig 1850.

134) Bernhardt „Waldwirtschaft und Waldschutz". Berlin 1869.

135) „Der Wald und die Arbeiter". (Nordd. Allg. Ztg. März 1884).

Leseholz, Beeren und Pilzen, 360 Sammler von Gras und 620 von Kiefernzapfen. Dagegen beschäftigt die Oberförsterei Köpenik bei Berlin mit ca. 8000 ha Wald 520 ständige und nicht ständige Waldarbeiter, sowie 2260 Sammler von Leseholz, Streu und Zapfen. In der Forstinspektion Schleusingen, 22845 ha gross, finden 45 Schutzbedienstete, 481 Waldarbeiter, 164 Holzfuhrleute ihre Haupterwerbsquelle, während 722 Tagelöhner, 171 Fuhrwerke einen Nebenerwerb erhalten, wie dies ausserdem bei 7200 Sammlern von allerlei Nebennutzungen der Fall ist. Insgesamt beteiligen sich also 8783 Personen an Arbeitsleistungen im Walde, wobei allerdings ein grosser Teil nur im gewonnenen Produkte selbst seine Entlohnung findet.

Alle diese Beispiele beziehen sich nur auf Staatsforste; im kleinen Privatbesitze gestaltet sich das Verhältnis insofern wesentlich anders, als die bezahlte Lohnarbeit daselbst sehr oft ganz wegfällt, indem der Besitzer mit seinen Familienangehörigen alle Geschäfte selbst verrichtet und die geernteten Produkte in seiner eigenen Hauswirtschaft konsumiert. Eine solche Waldwirtschaft im kleinsten Massstabe bietet dann das Bild der reinen Naturalwirtschaft, während sich in der Gemeindewirtschaft die mannigfaltigsten Uebergangsformen von dieser durch Losholzgenuss und Fronarbeit aller Empfangsberechtigten charakterisierten Wirtschaft zur Geldwirtschaft mit freiem Verkauf der Produkte und Lohnarbeit vorfinden — erstere herrscht mehr in den rein bäuerlichen Gemeinden, letztere in Fabrikorten. Ihrer Qualität nach ist die Arbeit im Forstbetriebe grösstenteils eine schwere, die grosse körperliche Rüstigkeit vom Arbeiter verlangt, um während der rauhen Jahreszeit die beschwerliche und zuweilen gefahrvolle Fällung und Bringung bewerkstelligen zu können; hiebei ist besonders zu beachten, dass die Witterung der Kontinuität der Arbeit hinderlich ist und viele Tage im Jahr die Arbeit stocken muss. Auch die weiten Wege von den Ortschaften zur Arbeitsstelle im Walde veranlassen viel Verlust an Zeit und Kraft. Hiezu kommt, dass die Waldarbeit nicht in gleichem Verhältnisse bezüglich der Löhne gestiegen ist wie die meisten übrigen Kategorien der Arbeit, indem, wie Fribolin für Württemberg nachwies, innerhalb der Zeit von 1847—73 der Lohn gewöhnlicher Tagelöhner um 105%, jener der Waldarbeiter im Taglohn nur um 63%, bei Akkordarbeit aber nur um 43% stieg. Analog war das Verhältnis in Westfalen, wo z. B. in Arnswalde seit 1822—71 der Lohn der Holzspalter um 100%, der Maurer um 75%, hingegen der Waldarbeiter nur um 33% zugenommen hat.

Ausser den schweren Fällungsarbeiten finden noch eine Reihe leichterer Beschäftigungen bei Kulturen u. dgl. statt, wo Frauen- und Kinderarbeit zulässig ist, um an Kosten zu sparen und um der ärmeren Klasse in den Walddörfern Gelegenheit zum Verdienst zu geben.

Wegen der grösstenteils mit Gefahren verknüpften Holzfällung und Bringung ist es sehr ratsam, durch umfassende Versicherungsanstalten die Mittel parat zu stellen, um bei voraussichtlich eintretenden Unfällen nach Möglichkeit Hilfe gewähren zu können, weshalb schon seit alter Zeit Kranken- und Unterstützungskassen im grossen Forstbetriebe üblich sind, während die reichsgesetzliche Regelung der Invaliditäts-Unterstützung einen gleich humanitären Zweck erstrebt.

§ 40. Auch in der Staatsforstwirtschaft sind in Form der Servituten und Vergünstigungen noch viele Reste der Naturalwirtschaft bestehen geblieben, insbesondere in den Alpen und einzelnen grossen Waldgebieten, d. h. wenn man nicht das Rechtsverhältnis als solches, sondern den wirtschaftlichen Vorgang bei der Nutzungsteilung ins Auge fasst. In den nicht mit Berechtigungen belasteten Waldungen dagegen geben mit Ausnahme der Leseholznutzungen u. dgl. die Lohnabrechnungen genaue Aufschlüsse über die Höhe der für die verschiedenen Arbeitsteile gemachten Auf-

wendungen an Arbeit. Summarisch kann man dieselben nach Dr. Danckelmann [136]) im Anfange der 1880er Jahre für Holzhauerlöhne, Kulturarbeiten und Wegebau annehmen:

in Preussen	=	5,2	M. pro ha und Jahr,
„ Sachsen	=	6,5	„ „ „ „ „
„ Elsass-Lothringen	=	9,1	„ „ „ „ „
„ Württemberg	=	12,6	„ „ „ „ „
„ Baden	=	13,2	„ „ „ „ „

Indessen ist ein Vergleich dieser Zahlen unter sich nur mit grosser Vorsicht möglich, weil in allen gebirgigen Gegenden die Holzbringungs- und Triftkosten, welche eigentlich nur eine Vorauslage für den Käufer sind, zweckmässiger in Regie der Forstverwaltung als auf Wag' und Gefahr des Käufers gemacht werden und sich in höheren Preisen wieder lohnen. Die Ausgaben pro ha steigen deshalb mit der Intensität der Wirtschaft, welche wiederum von der Bevölkerungsdichtigkeit, Entwicklung der Industrie und Höhe der Holzpreise wesentlich bedingt wird, wie dies z. B. die Angaben aus Preussen für das Jahr 1880/81 beweisen, wonach von den Gesamtausgaben für den Forstbetrieb und die Forstverwaltung auf das Hektar ertragsfähiger Fläche entfielen: in Ostpreussen M. 8,33, Westpreussen 8,37, Brandenburg 8,47, Pommern 9,65, Posen 7,37, Schlesien 11,60, Sachsen 12,66, Schleswig-Holstein 14,80, Hannover 18,72, Westfalen 15,30, Hessen-Nassau 14,88, Rheinprovinz 16,45. (S. Tabelle S. 94).

Um die Höhe der Ausgaben in der forstlichen Produktion zwischen verschiedenen Staaten zu vergleichen, wendet man häufig neben der Angabe pro ha auch jene in Prozenten der Brutto-Einnahme an; in diesem Sinne waren die Ausgaben:

(Tabelle siehe Seite 95.)

Hieraus ergiebt sich also, dass die Schutz- und Verwaltungskosten beiläufig $^1/_7$ bis $^1/_6$, jene für den Betrieb $^1/_4$ bis $^1/_3$ der Roheinnahme absorbieren, übrigens sind die Zahlen nicht immer direkt vergleichbar, weil in einzelnen Staaten noch die Kosten für Forstrechtsablösungen, forstlichen Unterricht und sonstige Sparten unter den Forstausgaben figurieren.

In den Forstbudgets der Staaten werden diese verschiedenen Kosten, denen noch zahlreiche Arbeitsteile von geringerer Bedeutung, z. B. Kosten des Verkaufes, der Gelderhebung, der Trift, Holzhöfe, Insekten-Vertilgung etc. beizuzählen sind, der Einfachheit halber jährlich in Rechnung gestellt und mit den Einnahmen in Bilanz gebracht. In wirtschaftlichem Sinne freilich sind ein Teil dieser Kosten als Kapitalanlagen zu betrachten, welche nur mit ihren Zinsen event. auch mit einer Amortisationsquote an der Produktion Teil nehmen. Bei Vergleichung der Kosten zwischen verschiedenen Ländern sowie bei Verzinsungs- und Rentabilitätsberechnungen müssen deshalb Wegeanlagen und sonstige Meliorationen, Errichtung von Dienstgebäuden sowie Forstrechtsablösungen und dergl. lediglich mit ihrer laufenden Verzinsung den Brutto-Einnahmen gegenüber gestellt werden, so dass die budgetmässigen Zahlen dazu nicht unmittelbar benützbar sind.

Hinsichtlich der forstlichen Produktionskosten gilt selbstverständlich wie in allen übrigen Zweigen der Produktion das Postulat der Wirtschaftlichkeit, d. h. der weisen Zuratehaltung aller Aufwendungen von Arbeit und Vermögensteilen, um den Zweck mit den möglichst geringen Opfern an diesen zu erreichen. Diese niedrigste Grenze des wirtschaftlich zulässigen Produktionsaufwandes ist aber bei den verschiedenen Intensitätsgraden der Wirtschaft und den einzelnen Betriebssystemen eine sehr ungleiche, wie oben schon dargetan wurde. Es ist daher eine der wesentlichsten

136) Dr. Danckelmann „Die Deutschen Nutzholzzölle". Berlin 1883, Springer.

Ausscheidung der Ausgaben nach den hauptsächlichsten Verwendungen.

Staatsforsten in den Provinzen und Ländern	Jahrgang	Auf 1 ha ertragsfähiger Fläche entfielen an Ausgaben Mark			
		Gesamte Verwaltungs- und Schutzkosten	Gewinnungs- und Transportkosten von Holz u. anderen Forstprodukten	Kulturkosten	Waldwegebau und Wegunterhaltung
Ostpreussen . .	1880/81	3,75	2,27	1,03	0,42
Westpreussen .	"	3,74	1,62	1,01	0,42
Brandenburg . .	"	3,73	2,62	0,97	0,43
Pommern . . .	"	4,11	2,59	1,23	0,49
Posen	"	3,99	1,78	0,94	0,09
Schlesien . . .	"	5,08	3,29	1,10	0,78
Sachsen	"	5,35	3,90	1,24	0,75
Schleswig-Holstein	"	6,10	3,54	2,20	0,41
Hannover . . .	"	6,12	4,35	2,93	0,69
Westfalen . . .	"	6,22	3,53	1,75	1,52
Hessen-Nassau .	"	7,02	3,80	1,92	0,43
Rheinprovinz . .	"	6,80	4,81	1,91	2,00
Preussische Monarchie	"	4,83	2,98	1,41	0,59
Bayern	1860	3,59	3,31	0,63	0,50
"	1865	4,21	3,70	0,67	0,73
"	1870	4,19	3,90	0,63	0,57
"	1875	5,77	5,06	0,89	0,94
"	1879	6,38	3,71	1,07	1,14
Württemberg . .	1871/73	—	9,2	2,6	2,6
" . .	1874/76	—	10,0	2,5	3,1
" . .	1877/78	8,7	9,2	2,2	3,3
Königr. Sachsen .	1850/59	3,67	4,25	1,06	0,6
" " .	1860/69	4,40	5,41	1,01	0,9
" " .	1870/79	6,46	8,11	1,07	2,1
		Schutz allein			
Baden	1880	2,14	7,80	1,48	0,87
"	1881	2,19	7,45	1,44	0,72
"	1882	2,19	7,79	1,42	0,77
"	1883	2,18	8,31	1,48	1,15
Elsass-Lothringen .	1872/82	7,43	5,98	1,84	0,76

Aufgaben des Wirtschafters, die Grenzlinie aufzusuchen, bis zu welcher einem vermehrten Arbeitsaufwand noch eine Einnahme-Erhöhung entspricht, was sowohl örtlich als zeitlich sehr verschieden ist. Solche Erwägungen und Berechnungen leiten den Verwalter in einer Menge von Fragen, die im Betriebe täglich an ihn herantreten, z. B. ob die Aufarbeitung durch den Käufer oder die Eigengewinnung in einem bestimmten Fall nützlicher, ob Stockholzgewinnung noch lohnend sei, ob Reisig in aufgearbeitetem oder losem Zustand zum Verkauf kommen soll, wann die Durchforstungen zu beginnen haben, welche Wegebauten luxuriös oder dringlich, welche Kulturmethoden rentabel seien, ob künstliche oder natürliche Verjüngung den Vorzug verdienen u. s. w. So oft andere Holzpreise, andere Transportentfernungen, andere Löhne supponiert werden, wird das Resultat dieser wirtschaftlichen Kalkulationen ein anderes sein, weshalb das eigene Denken des wirtschaftenden Personales nie durch Generalregeln oder durch eine schablonisierende Forsteinrichtung ersetzbar ist. Selbstverständlich ist aber die wirtschaftliche Sparsamkeit nicht zu verwechseln mit der absoluten, welche um jeden Preis die Produktionskosten vermeidet und lieber die Mark Gewinn opfert, um den Pfennig Barauslage zu retten.

§ 41. Die soeben betrachteten Arbeitsleistungen im forstlichen Betriebe machen nach einer annähernden Schätzung Dr. Danckelmanns ca. 83 Millionen Mark für das deutsche Reich aus. Es ist aber wohl zu beachten, dass damit nur jene Arbeiten ge-

Die Ausgaben in den Staatsforsten in Prozenten der Brutto-Einnahmen.

Jahrgang	Preussen			Bayern			Sachsen		Württbg.
	Total	für Schutz und Verwaltung	für Hauerlohn, Kultur, Wegbau	Total	für Schutz und Verwaltung	für Hauerlohn, Kultur, Wegbau	Total	für Schutz und Verwaltung	Total
1855	44,9	21,4	23,3	44,1	20,5	23,6	37,3	12,2	48,3
1856	44,1	19,3	24,7	42,1	18,4	23,7	39,3	12,7	42,6
1857	39,6	18,5	21,0	43,1	18,5	24,6	32,1	11,0	38,3
1858	42,8	20,2	22,5	44,7	18,9	25,8	32,0	10,5	38,4
1859	45,0	21,6	23,3	42,9	18,9	24,0	33,5	11,0	42,4
1860	45,3	22,1	23,1	44,1	19,2	25,0	31,4	10,5	33,9
1861	41,5	19,8	21,6	36,7	16,5	20,2	30,0	10,1	35,8
1862	38,1	17,7	20,3	36,7	16,4	20,3	29,1	9,9	37,1
1863	37,7	16,9	20,7	36,3	16,0	20,3	26,7	8,9	35,3
1864	37,9	16,9	20,9	37,3	16,6	20,7	27,8	10,4	37,2
1865	35,4	15,9	19,4	40,4	20,2	20,2	26,9	10,1	35,1
1866	39,4	17,4	21,9	46,9	24,7	22,2	31,4	10,2	45,3
1867	42,9	19,3	23,5	42,6	19,7	22,9	29,2	9,9	46,8
1868	49,6	19,8	29,6	47,1	17,7	22,1	31,6	10,3	41,5
1869	49,8	19,5	30,1	47,7	17,1	24,1	23,4	6,4	44,1
1870	47,6	20,2	27,2	38,8	13,7	20,7	34,4	10,9	40,9
1871	48,6	20,5	27,9	40,1	13,5	21,5	33,2	10,9	39,8
1872	47,5	20,4	26,9	40,8	15,2	20,5	28,5	9,8	37,3
1873	44,9	20,2	24,5	41,5	14,8	21,2	24,2	7,4	35,3
1874	48,9	22,1	26,6	43,6	15,8	21,5	26,0	8,2	39,8
1875	47,1	20,9	26,0	45,1	15,9	22,8	26,8	8,9	37,3
1876	50,2	21,0	28,9	44,6	17,1	22,4	31,0	11,1	36,7
1877	58,2	24,5	33,4	52,4	20,2	25,4	47,9	17,2	47,3
1878	58,5	24,5	33,7	51,6	21,3	24,2	36,1	13,2	42,5
1879	58,5	24,5	22,0	42,0	22,9	27,0	39,7	—	51,0
1880	58,3	24,5	21,7	56,1	23,0	25,3	34,6	—	46,7
1881	54,2	22,9	21,1	54,8	22,7	25,6	34,1	—	51,3
1882	53,6	22,4	21,7	56,0	23,3	25,9	33,8	—	49,5
1883	56,5	23,3	22,5	54,9	22,6	25,7	32,6	—	46,0
1884	56,0	22,3	21,0	49,5	20,6	23,7	32,8	—	45,3
1885	53,5	20,9	20,7	49,6	20,1	24,0	33,0	—	43,7
1886	54,0	21,0	22,3	49,3	20,1	24,2	34,3	—	44,8
1887	55,7	22,0	22,1	51,5	20,4	25,6	33,0	—	46,5
1888	56,0	22,2	22,6	49,0	19,9	23,8	32,6	—	43,9
1889	52,5	21,8	21,2	48,9	19,9	23,7	32,5	—	42,8
1890	50,0	19,6	20,9	46,8	17,7	22,3	32,4	—	41,4
1891	49,9	21,0	20,4	60,3	16,7	35,8	36,3	—	43,7
1892	52,0	21,5	21,7	57,2	15,9	35,9	38,9	—	42,2
1893	54,0	22,4	22,8	50,6	19,5	24,6	39,2	—	40,4
1894	47,5	18,9	21,0	48,1	18,8	23,1	38,0	—	40,5
1895	57,6	23,6	22,6	49,8	19,0	24,3	37,8	—	39,0
1896	55,2	21,6	22,0	46,4	15,4	25,9	35,7	—	39,8
1897	52,3	21,9	19,9	47,6	16,6	25,6	33,9	—	36,8
1898	49,5	20,8	18,9	47,0	16,9	23,5	36,7	—	35,3
1899	49,2	20,6	20,4	47,6	16,8	23,9	38,9	—	34,3
1900	—	—	—	45,6	16,0	23,5	34,2	—	34,0

meint sind, welche bis zum Uebergang des Produktes in die Hände des Käufers erfolgen. An sie schliesst sich, insbesondere bei den Nutzhölzern, erst eine umfassende Veredelungsarbeit an, welche den Rohstoff so formt, wie er in den Konsum gelangt. Zunächst ist schon das Transportgewerbe in ganz hervorragender Weise an der örtlichen Verteilung der Forstprodukte und der Wertbildung durch räumliche Uebertragung beteiligt. Es giebt wenige Waren, bei denen die Transportkosten einen ähnlichen Pro-

zentsatz am Wert loco Konsumtionsort ausmachen wie bei dem Holz, das bei schwieriger Transportierbarkeit einen verhältnismässig niedrigen Preis hat. Bekanntlich hat v. Thünen diesen Einfluss der Transportkosten auf die Preisbildung und Rentabilität der Forstwirtschaft eingehend erörtert und auf Grund seiner Berechnungen der letzteren die Zone zunächst der Gartenwirtschaft in seinem isolierten Staate zugewiesen. Wie bedeutend die Quantität der Transportleistungen für die Forstwirtschaft aber ist, ergiebt sich z. B. daraus, dass das bayer. Staatsbahnnetz durchschnittlich jährlich ca. 1¹/₃ Millionen cbm Holz nach den grossen Konsumtionszentren befördert, was ca. 48% des Jahresertrags der bayer. Staatsforste bedeutet. Aber der Transport per Axe wird bei weitem übertroffen durch die gewaltigen Massen Holz, welche zu Wasser verfrachtet werden, indem z. B. auf der Weichsel im Durchschnitte der 10 Jahre 1873/82 über 555000 Tonnen (à 1000 kg) oder ca. 925000 cbm jährlich die Grenze bei Schmaleningken passierten, während zur See in manchen Jahren 6—7 Millionen Stück Bretter in Lübeck einliefen. Hieraus kann man sich ein Bild von der weitverzweigten Handels- und Transporttätigkeit machen, welche sich an den Vertrieb dieses wichtigen Rohstoffs knüpft. Noch ungleich beträchtlicher aber ist der Arbeitsaufwand für die industrielle Veredelung zu Halb- und Ganzfabrikaten, der das Erzeugnis der Wälder auf mechanischem und chemischem Wege so umgestaltet, wie es für die Bedürfnisse der menschlichen Kultur am geeignetsten ist. Die holzverarbeitenden Gewerbe und Industriezweige beschäftigen nach der Zählung von 1875 in ihren Hauptbetrieben 583300 Personen oder 9 Prozent sämtlicher Gewerbetreibenden überhaupt, hiervon trafen

auf die Tischlerei	230510	Erwerbstätige
auf das Zimmermannsgewerbe	122554	"
auf Wagner und Stellmacher	47501	"
auf das Böttchergewerbe	58542	"
auf Sägmühle- u. Imprägnieranstalten	34246	"
auf die Korbflechtindustrie	30611	"

Der Arbeitsverdienst dieser Bevölkerungsklasse wird auf beiläufig 463 Mill. M. pro Jahr berechnet, wobei aber die Holzstoff- und Cellulose-Industrie sowie der Schiffbau und die Zündholzindustrie noch nicht inbegriffen sind. Hieraus folgt also, dass weite Kreise der industriellen und gewerblichen Einwohner aufs lebhafteste an einer sorgfältigen Kultur und nachhaltigen Instandhaltung der Wälder interessiert sind als an der Quelle für die Rohmaterialien, in welchen sie ihre Arbeitskraft fixieren und verwerten können. Umgekehrt ist aber das Interesse der Waldbesitzer nicht minder auf die Mitwirkung der holzverarbeitenden Industrie hingewiesen, denn nur durch diese Umformung und Zurichtung werden die Produkte der Wälder geeignet, den Weltmarkt aufzusuchen und die engen Schranken des lokalen Absatzes zu überschreiten. Dazu kommt, dass in einem dicht mit industriellen Etablissements versehenen Lande die Vermeidung weiter Wege und nutzlosen Transports von wertlosem Material (Rinde, Gipfelholz etc. etc.) an den Kosten der Verfrachtung wesentliche Ersparnisse zulässig sind, die dann durch Erhöhung der Waldpreise den Waldbesitzern zu Gute kommen und den Kapitalwert der Wälder infolge der Gunst der Lage steigern. Ich habe in dieser Beziehung darauf hingewiesen[137], dass man für Deutschland gegenwärtig folgende Steigerung des budgetmässigen Reinertrages der Forsten ganzer Provinzen bei Zunahme der Intensität der Holzindustrie um 1000 Arbeiter beobachten kann:

in den vorwiegend aus Buchen bestehenden Waldungen um 0,37 M.

137) „Forstwissensch. Centralblatt“ 1884. S. 85.

in den vorwiegend aus Fichten bestehenden Waldungen um 1,46 M.
" " Kiefern oder Mischungen von Laub- und Nadelholz " 1,04 "

Auch in Frankreich[138]) kann man eine Einwirkung des Zustandes der Holzverarbeitung auf die Waldrente wohl erkennen, indem z. B. in den Nadelholzforsten der höchste Bruttoertrag pro ha mit 216,28 Frcs. im Bezirke Besançon (einem wichtigen Holzhandelsplatz) erzielt wurde, es folgen dann die Forstbezirke (conservations) Lons le Saulnier mit 172,02, Nancy mit 158,93, Moulins 123,63, Maçon 118,40, Epinal 116,90 Frcs., während hingegen die wenig industriereichen Gebiete nur sehr niedrige Erträge pro ha aufweisen, wie Carcassonne 29,40, Gap 27,85, Aurillac 16,33 und Ajaccio 6,42 Frcs.

3. Die Produktionskapitalien der Forstwirtschaft und ihre Rentabilität.

Da dieses Wissensgebiet sich als „forstliche Statik“ zur selbständigen Disziplin entwickelt und programmgemäss in diesem Handbuche als solche speziell behandelt werden soll, so kann hier nur der Vollständigkeit und Abrundung halber summarisch auf die dritte der Güterquellen hingewiesen werden, aus welchen die Wertbildung in der Forstwirtschaft erfolgt.

§ 42. Die Kapitalformen, deren sich die forstliche Produktion bedient, sind ausser dem in Besitz übergegangenen Boden, der hiedurch Kapitaleigenschaft erlangt hat, im wesentlichen folgende:

1) Der Holzvorrat.

2) Alle fixen Kapitalien, welche zum Forstbetriebe gehören wie Dienstgebäude, Holzhöfe, Triftanstalten, sowie das gesamte Weg- und sonstige Transportnetz.

3) Die Werkzeuge und Geräte für den Kultur-, Wegbau- und Triftbetrieb, alle sonstigen Mobilien und das in den Inventaren aufgezählte Material an beweglichen Einrichtungsstücken.

4) Die in Kapitalform gedachten Geldmittel, welche für den Lebensunterhalt der oben näher betrachteten Arbeitskräfte sowie für die Gehalte der Schutzbediensteten und technischen Angestellten erforderlich sind. In diesem Sinne spricht man daher von einem Kulturkostenkapitale, einem Verwaltungskapitale.

5) Die gleichfalls zum Kapitale erhobenen Auslagen für Steuern, Kreis-Distrikts-Gemeinde-Umlagen, also alle auf Grund und Boden haftenden öffentlich-rechtlichen Verpflichtungen.

Vergleicht man ganz allgemein die Forstwirtschaft in bezug auf ihren Kapitalaufwand mit anderen Produktionszweigen, z. B. der Landwirtschaft, so ergiebt sich, dass sie hinsichtlich der unter 2 bis 5 genannten Kapitalformen relativ viel weniger bedarf, weil die Arbeitsaufwendung eine geringere ist und für Magazinierung und Zubereitung der Ernteprodukte in der Regel keine besonderen Gebäulichkeiten erforderlich sind. Noch mehr tritt dies bei einem Vergleich mit industriellen Unternehmungen aller Art hervor, bei denen ja gerade der Konto für Gebäude, Werkzeuge und Maschinen, sowie derjenige für Arbeitslöhne die Hauptrolle spielt. Das unterscheidende und charakteristische Produktionskapital der Forstwirtschaft ist hingegen das Holzkapital. Man versteht darunter jene Grösse des stehenden Holzbestandes, welche vorerst nur zur Ansammlung von Holzmasse durch den Zuwachs dient und erst beim Erreichen eines bestimmten Baumalters planmässig genutzt werden soll. Da nämlich jeder einzelne Baum als eine Aufspeicherung von vieljährigen Assimilationsprodukten anzusehen ist, die in Form von ausdauerndem Zellgewebe in konzentrischen Schichten längs der

138) Statistique forestière. Paris 1878. S. 362.

Stammaxe und ihren fortwachsenden Verlängerungen angelegt wurden, so folgt hieraus für eine Holzproduktion überhaupt die Notwendigkeit des Vorhandenseins zahlreicher Baumindividuen, an welchen eine solche Erzeugung und Ablagerung von Holzfasern sich alljährlich wiederholen kann, bis sie für menschliche Zwecke gebrauchsfähig werden. Die jährliche Zunahme der Masse eines Baumes heisst sein Zuwachs, derselbe erscheint beim Einzelbaum als eine schmale Holzschichte, die zwischen dem Cambium und dem Holzkörper auf der ganzen Oberfläche des letzteren gebildet wurde und auf dem Querschnitt als Jahrring erscheint. Bei ganzen Holzbeständen geht nun neben dieser Massenzunahme der Einzelstämme eine unausgesetzte Verminderung der Stammzahl einher, indem die schwächeren Individuen durch die kräftigeren, dominierenden überwachsen werden und an Lichtmangel zu Grunde gehen, so dass in den jugendlichen Altersstufen eine unausgesetzte, starke Ausscheidung der zurückgebliebenen Stämme durch die wuchskräftigeren stattfindet — ein Verdrängungsprozess, welcher erst im höheren Alter, nachdem der Höhenwuchs in der Hauptsache vollendet ist, nachlässt, aber nie ganz aufhört. Alles Holzmaterial, was auf diese Weise ausgeschieden wurde, heisst „Zwischennutzung“ im Gegensatz zu der in Form des dominierenden Bestandes bei dem Abtrieb des ganzen Bestandes vorfindlichen „Hauptnutzung“, welche die eigentliche Holzernte darstellt.

Wenn man nun das Verhältnis zwischen einem stehenden Holzbestande und seinem Jahreszuwachse als das zwischen Kapital und Zins auffasst, so ist damit der Begriff „Holzkapital“ wenigstens für den sog. aussetzenden Betrieb gegeben, wobei man entweder bloss die Massen beider in Rechnung zieht und prozentisch ausdrückt (Massenzuwachsprozent) oder beide in ihrem Geldwerte veranschlagt und die Wertszunahme pro Jahr in Prozenten vom Werte des Holzkapitales ausrechnet (Wertszuwachsprozent). Wie diese Erhebungen technisch gemacht werden müssen und auf welche Art die Wertsermittlung geschieht, kann hier nicht näher auseinandergesetzt werden, da dies Sache der Holzmesskunde und der Statik ist.

Das Verhältnis zwischen Zuwachs und Vorrat hängt sowohl von dem Gang des Zuwachses selbst ab, der in den verschiedenen Lebensaltern sich nicht gleich bleibt, sondern in der Jugend rasch ansteigt, dann einen Kulminationspunkt erreicht, von wo an er wieder sinkt, als auch von der Summierung der Zuwachsgrössen im Vorrate selbst. Es ist begreiflich, dass in den ersten Jahren einem minimalen Vorrate selbst bei geringer Massenvermehrung eine hohe prozentische Verzinsung entspricht, während umgekehrt in älteren Beständen schon eine bedeutende Zuwachsgrösse hinzukommen muss, um eine Verzinsung zu liefern, wie sie bei Leihkapitalien landesüblich ist. Im allgemeinen kann man für die Durchschnittsgrösse des Zuwachses z (jedoch nicht für den jährlichen „laufenden Zuwachs“) den Zinsfuss p ohne weitere Rechnung durch den Ausdruck $p = \frac{100}{u}$ finden, weil der Bestandesvorrat uz ist, welchem z als Jahreszins gegenübersteht. Bei u = 80 Jahren ist daher der Zinsfuss 1,25%, bei 100 Jahren = 1,00%, was sowohl für die durchschnittliche Massen-, wie für die Wertsmehrung giltig ist.

In einer auf das Postulat der Nachhaltigkeit gegründeten Waldwirtschaft nimmt das Holzvorratkapital eine bestimmte Form an, die von der soeben betrachteten dadurch abweicht, dass die zur Aufspeicherung der Zuwachsgrössen bestimmten stehenden Vorräte hinsichtlich ihres Bestandesalters eine regelmässige Abstufung in Gestalt einer arithmetischen Reihe von u—1 bis 0 Jahren zeigen müssen, wenn anders die Forderung erfüllt werden soll, dass alljährlich gleiche Mengen Holzes von normalem Alter der gewünschten Altersstufe u zur Fällung kommen sollen. Diese

Notwendigkeit folgt unmittelbar aus dem, was oben über die Art der Zuwachsansammlung gesagt wurde, und es ist nur zu untersuchen, zu welchem Zinsfusse sich diese in regelmässiger Altersabstufung auf gleichen Flächengrössen verteilten Bestände, welche man in ihrer Gesamtheit den Normalvorrat nennt, durch den alljährlich zum Abtrieb kommenden Vorrat des ältesten Gliedes dieser Reihe verzinsen. Rechnet man auch hier wieder nur mit Durchschnittsgrössen und mit Uebergehung der Unterschiede, welche den Jahreszeiten durch das zeitliche Auseinanderfallen der Vegetations- und der Fällungszeit mit sich bringen, so kann man den Normalvorrat als Summe einer arithmetischen Reihe von u Gliedern, deren erstes $= 0$, deren letztes uz ist, berechnen und erhält somit $\frac{uuz}{2}$. Diesem Kapitale steht dann der Vorrat des ältesten Schlages uz als Ertrag gegenüber, so dass sich das Prozent der Nutzung aus der Proportion $\frac{uuz}{2}$: $uz = 100 : p$ also auf $p = \frac{200}{u}$ berechnet. Das Nutzungsprozent der Betriebsklasse bei dem jährlichen Betriebe ist also doppelt so hoch, als das durchschnittliche Zuwachsprozent des Einzelbestandes im aussetzenden Betriebe. In beiden Fällen zeigen aber die Formeln, wie das Prozent in umgekehrtem Verhältnisse zur Länge der Umtriebszeit steht und für verschiedene Umtriebszeiten im allgemeinen nach einer Reziprokenreihe abnimmt, in welcher die Jahre der Umtriebszeit die Nenner bilden. Da nun der Zuwachsgang fast aller anbaufähigen Holzarten ein verhältnismässig langsamer ist, so liegt zwischen Aussaat und Ernte ein im Verhältnis zur menschlichen Lebensdauer langer Zeitraum — viel grösser als in den meisten übrigen Produktionszweigen. Dies veranlasst eine langjährige Inanspruchnahme der Bodenrente durch die Forstproduktion, sowie einen langen Verzicht auf die Zinsen der Kulturkosten und des Wertes, der im Holzvorrat steckt, während die jährlichen Auslagen für Schutz, Verwaltung, für Steuern und Lasten samt ihren Zinsen zu hohen Beträgen anlaufen.

§ 43. Eine Holzproduktion, die also lediglich Massen von gleichem Wert erzeugen würde, wie z. B. die Brennholzwirtschaft, müsste daher notwendigerweise mit sehr niedrigen Umtrieben wirtschaften, wenn sie aus ihren stehenden Vorräten noch eine landesübliche Verzinsung herauswirtschaften wollte. Anders gestaltet sich jedoch die Frage, wenn mit dem höheren Alter der Bäume auch ihr Gebrauchswert pro Masseneinheit steigt; meistens sind die stärkeren Stammformen wegen ihres grösseren Kernholzgehaltes, wegen der grösseren Bretterbreiten, die sie liefern, sowie wegen der günstigeren Schaftform für Bauhölzer gesuchter, als die ohnehin massenhaft von den Privatwaldbesitzern zu Markt gebrachte sog. „schwache Ware". Dies gilt namentlich für alle dem Export unterliegenden Nutzhölzer, welche nur dann hohe Transportspesen vertragen, wenn sie einen hohen Gebrauchswert haben und in dem Importlande nicht zu haben sind. Solche besondere Qualitäten von Hölzern haben, sofern sie nicht in zu grossen Massen zum Angebot kommen, einen gewissen Seltenheitswert und übertreffen im Preise pro cbm oft weitaus die schwächeren Sortimente jüngerer Bestände. Nach dem Vorgange Königs in Eisenach nannte Pressler diese Erhöhung des Einheitspreises den „Qualitätszuwachs der Bestände" und machte damit auf den wichtigen Einfluss aufmerksam, den diese Erscheinung in wirtschaftlicher Hinsicht insbesondere bezüglich der Wahl der Betriebsart und Umtriebszeit ausübt. Ein dritter, von ihm „Teuerungszuwachs" genannter Faktor, welcher in der relativen Werterhöhung des Holzes als eines Naturproduktes gegenüber der Mehrzahl der übrigen Güter, namentlich des Zahlungsmittels, bestehen soll, ist bei der nachfolgenden Betrachtung ausgeschlossen.

Da nach dem obigen der Qualitätszuwachs nur die älteren Bestände berührt und

insbesondere in dem letzten Gliede voll zum Ausdruck kommt, so ist es natürlich, dass er günstig auf die Verzinsung sowohl bei aussetzendem, wie beim Nachhaltsbetrieb influiert.

Wissenschaftlich findet die Untersuchung der Rentabilität der Forstwirtschaft auf verschiedene Weise statt (s. Statik). Entweder berechnet man, welche Bodenrente pro ha Waldboden sich unter Zugrundelegung einer oder verschiedener zu vergleichender Umtriebszeiten und eines angenommenen Wirtschaftszinsfusses ergiebt, wobei man sich auf den Standpunkt eines Unternehmers stellt, der sowohl die Ausgaben für Kulturen, für Verwaltung und Steuern, als alle zu verschiedenen Zeiten einlaufenden Einnahmen des Einzelbestandes finanzrechnerisch auf ihren Kapitalwert reduziert und abgleicht. Oder es wird für einen Holzbestand berechnet, zu welchem Zinsfuss (sog. „Weiserprozent") er in seinem Jahresertrag noch fortproduziere, wenn man den Bodenwert als etwas gegebenes in Rechnung stellt und ihn samt den übrigen Kapitalien, welche in der Produktion eines Jahresertrages tätig sind, der Grösse dieses letzteren gegenüberstellt. Andere Autoren[139]) haben die Ermittlung der Waldrente, in welcher die Boden- und Holzbestandsrente nicht getrennt zum Ausdruck gelangt, zur Rentabilitätsberechnung vorgeschlagen. Der Zweck aller dieser Berechnungen ist, die vom privatwirtschaftlichen Gesichtspunkt aus vorteilhafteste Betriebsart und Umtriebszeit zu ermitteln, nach welchen ein gegebener Wald bewirtschaftet werden soll.

§ 44. Ohne in das Detail dieser verschiedenen Berechnungen näher einzugehen, mögen hier noch einige allgemeine Eigenschaften des Holzkapitals Erwähnung finden. Seiner Natur nach ist es zwar ein Produktionsmittel, jedoch nicht in dem Sinne, wie die fixen Kapitalien der übrigen Wirtschaften, da sich auch die jüngeren Bestände, falls es dem Besitzer gefallen sollte, verwerten und in umlaufendes Kapital verwandeln lassen. Indessen ist zu beachten, dass diese Verwertbarkeit bei grossen Waldflächen sehr bald auf eine Grenze stösst, indem der Markt allzugrosse Mengen nicht konsumieren kann und bei Ueberführung des letzteren leicht ein Preissturz erfolgt. Wenn daher auch die Gleichstellung von Holzvorräten mit Geldkapitalien bei Rechnungen prinzipiell zulässig ist, so ist doch bei der praktischen Betätigung solcher „Versilberungen" der Vorräte, sobald es sich um erhebliche Beträge handelt, grosse Vorsicht nötig, um eine Ueberproduktion zu vermeiden.

Hinsichtlich seiner Grösse nimmt das Holzkapital proportional der Dauer der Umtriebszeit zu, sobald eine nachhaltige Wirtschaft mit jährlich gleichen Erträgen Wirtschaftsziel ist. Als Produktionskapital ist dann der sog. Normalvorrat zu betrachten, welcher, wie aus der Formel $nV = \frac{uz}{2}$ sich ergiebt, gleich dem halben Zuwachs ist, der innerhalb der Umtriebszeit auf der ganzen Waldfläche erfolgt. Für Hochwaldungen mit längeren Umtrieben erreicht daher dieses Kapital sehr beträchtliche Werte, und es müssen solche Betriebsarten daher als sehr kapitalintensive bezeichnet werden, weil der Wert des stockenden Vorrates jenen der landwirtschaftlichen Produktionskapitalien meistens erheblich übersteigt. Allerdings bilden andererseits diese aufgespeicherten Vorräte wieder eine Art von Sparkasse, auf die man in Notfällen zurückgreifen kann, zumal in Zeiten, wo der blosse Grund und Boden oder der hypothekarische Kredit stark entwertet sind, wie z. B. in Kriegsjahren. So mancher Grossgrundbesitzer, ja sogar mancher Staat hat sich im Anfang des XIX. Jahrhunderts nur durch Heranziehung dieser Werte vor dem finanziellen Ruin durch die enormen Kriegskontributionen gerettet. Andererseits ist aus diesem Grunde auch eine gewisse Spar-

---

139) Hofrat von Helferich in Schönbergs Handbuch der politischen Oekonomie, II. Aufl. XX. „Die Forstwirtschaft".

fähigkeit und eine vor den kleinen Krisen des Geschäftslebens gesicherte Existenz notwendig, um überhaupt eine Waldwirtschaft, die über eine sog. Heckenwirtschaft hinausgeht, treiben zu können. Der kleine Waldbesitzer wird durch Erbteilungen, Gutsübergaben, durch Hagelschlag oder sonstige Kalamitäten so häufig in Versuchung kommen, sich durch den Wald schadlos zu halten, dass er selten zur Ansammlung eines Vorrates gelangt, wie er dem 60jährigen Turnus entspricht.

Bezüglich der Sicherheit dieser Kapitalanlage ist zu bemerken, dass zwar vielerlei Gefahren den Wald bedrohen, teils von Menschen, teils von Tieren, teils von den Elementarereignissen ausgehend, allein diese werden doch vielfach stark überschätzt. Abgesehen davon, dass doch die Schläge und Jungwüchse, welche noch geringe Materialvorräte haben, hauptsächlich vom Insekten- und Wildschaden bedroht sind, ist die Gefahr durch Feuer, obgleich sie am meisten zerstörend auftritt, doch verhältnismässig selten. Nach der preussischen Statistik sind innerhalb 15 Jahren in sämtlichen Staatsforsten durch 405 Brände 7113 ha Wald beschädigt worden, dies macht jährlich auf 1 Mill. ha umgerechnet 191 ha, so dass also in einem geordneten Forsthaushalt mit guter Aufsicht dieser Schaden nur unbedeutend ist.

Für die Holzproduktion ist ferner eine gewisse Arrondierung und Konsolidierung der Holzvorräte notwendig, damit eine der hauptsächlichsten Gefahren für das Holzkapital, der Sturmwind, mit Aussicht auf Erfolg bekämpft werden kann. Nichts ist in dieser Hinsicht verderblicher als die sog. „Gemenglage“ der Waldparzellen, in welcher jede planmässige Aneinanderreihung der Gehaue, jede Sicherung durch Waldmäntel und reguläre Hiebsfolge durch den Egoismus der einzelnen Besitzer vereitelt wird. Es ist deshalb ein Erfahrungssatz, dass die Waldwirtschaft nur in geschlossener, komplexer Lage ihren höchsten Ertrag liefert, dass hingegen Parzellierung und Zerstückelung nach mehrfachen Hinsichten schädlich sind.

§ 45. Nachdem oben gezeigt worden ist, in welcher Weise wissenschaftlich der Erfolg der forstlichen Produktionskapitalien bemessen und für die Zwecke der Wertsberechnung oder der Wahl des Umtriebs verwendet wird, möge hier noch der im Haushalt der Staaten und Korporationen üblichen Berechnungsart des finanziellen Ertrages der Forsten gedacht werden. In der Regel wird dabei nämlich nur der effektiven Einnahmen und der Barauslagen Erwähnung getan, während sowohl das Bodenkapital als das Vorratskapital gewissermassen als „versteckter Produktionsaufwand“ ganz ausser der budgetmässigen Berechnung bleibt. Demnach enthält also der Nettoertrag, wie ihn die Forstrechnungen ausweisen, immer noch die Bodenrente und die Zinsen des Holzkapitales mit inbegriffen, und auch die Abrechnung der übrigen Kosten erfolgt lediglich durch die jährliche Bilanzierung der Barauslagen. Trotz dieser wissenschaftlichen Ungenauigkeit, welche aber praktisch nicht zu beseitigen ist, bieten diese budgetmässigen Abrechnungen ein grosses Interesse, indem sie die absolute Grösse der kassamässigen Einnahmen den baren Auslagen gegenüberstellen und einen Ausdruck für die Gesamtheit der auf Preisbildung und Materialertrag Einfluss übenden Faktoren liefern.

Hiedurch erhält man wirtschaftliche Resultate, die oft erheblich von jenen abweichen, welche bloss im Hinblick auf die Verzinsung der Produktivkapitalien abgeleitet werden. So giebt z. B. hinsichtlich der Erträge der einzelnen Betriebsarten die Statistik Frankreichs folgende Roherträge an (pro 1876): (S. die Tabelle auf S. 102).

Demnach würde sich der Nadelholz- und der Laubholz-Hochwald in bezug auf Bruttorente entschieden dem Nieder- und Mittelwaldbetriebe überlegen erweisen. Um den Einfluss der weiten geographischen Entfernungen zu eliminieren, kann man auch die Erträge der Betriebsarten nur eines einzigen Bezirkes ins Auge fassen, so hat z. B. im Oberforstmeister-Bezirke Nancy der Bruttoertrag pro ha betragen Frcs.:

Betriebsarten:		Niederwald	Mittelwald	In Ueberführung begriffen	Laubholzhochwald	Nadelhölzer	Laub- und Nadelholz gemischt	Mittel für die Forstfläche
Höchster Bruttoertrag	Frcs. pro ha	27,26	83,59	64,15	95,20	216,28	149,32	214,23
Niedrigster „		0,29	2,38	7,92	10,43	4,18	2,82	1,89
Gesamtmittel „		7,18	34,15	34,77	41,91	65,20	37,41	39,40

im Niederwalde 13,45, im Mittelwalde 35,97, im Laubholzhochwald 40,34, im reinen Nadelholz 158,93, in den Mischungen von Laub- und Nadelholz 73,53.

Ueber die Reinerträge pro ha mehrerer deutscher Staaten giebt nachfolgende Tabelle eine auf 45 Jahre zurückreichende Uebersicht (nach Danckelmann „Die deutschen Nutzholzzölle“ und nach den neuesten offiziellen Angaben), aus welcher die Bewegungen der budgetmässigen Nettoerträge der Staatsforsten zu ersehen sind.

Staaten	Zeiträume, für welche der jährliche Durchschnitt berechnet ist								
	1850—56	1856—61	1862—65	1866—71	1872—76	1877—81	1882—86	1887—91	1892—96
	Budgetmässiger Reinertrag pro ha Staatswald in Mark								
Preussen . . .	4,82	6,37	9,13	8,49	11,74	9,00	10,22	12,18	12,65
Bayern	10,19	14,47	19,23	19,63	13,17	13.80	14,24	16,82	20,37
Württemberg .	12,59	26,70	33,37	26,40	41,60	25,19	26,62	30,64	30,61
Baden	13,48	25,23	29,20	31,32	38,04	24,16	25,87	29,19	34,48
Sachsen Kgr. . .	18,03	23,56	29,34	33,25	51,01	35,00	43,21	45,50	41,88
Elsass-Lothringen	—	—	—	—	28,76	20,45	18,86	20,92	24,47

In den ungarischen Staatsforsten war der budgetmässige Reinertrag pro ha in Mark umgerechnet folgender:

im Jahr	1881	1882	1883	1884
im eigentlichen Ungarn . .	2,14	2,08	2,23	1,96
in Kroatien und Slavonien .	3,03	3,27	3,71	4,72
im Gesamtmittel	2,32	2,35	2,53	2,53

Schliesslich möge zur Illustration der Wichtigkeit einer guten Staatsforstrente auf die Budgets der europäischen Staaten ein Blick geworfen werden, wobei allerdings die übrigen Staatsdomänen mitgerechnet sind. Im Budget pro 1882 betrugen die Einnahmen aus Domänen und Forsten als Summe der Einzelstaaten:

im deutschen Reiche	218 319 313 M.	in Frankreich	44 398 600 M.
in Oesterreich-Ungarn	35 873 125 „	„ Spanien	8 080 000 „
„ Italien	19 810 227 „	„ England	12 277 525 „
„ Russland	94 441 080 „		

Dieselben sind bis 1902 nicht unbeträchtlich gestiegen; leider waren die bezüglichen Zahlen nicht zu ermitteln.

II.

Forstliche Standortslehre.

Von

E. Ramann.

Literatur. Schübler, Grundsätze der Agrikulturchemie 1838. Mulder, Chemie der Ackerkrume. Berlin 1863. Fallou, Pedologie. Dresden 1862. Heyer, Forstliche Bodenkunde und Klimatologie. Erlangen 1856. Senft, Gesteins- und Bodenkunde. Berlin 1877. Detmer, Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der allg. landwirtschaftlichen Bodenkunde. Leipzig und Heidelberg 1876. Adolf Mayer, Lehrbuch der Agrikulturchemie. 5. Aufl. 1901. Heidelberg. Grebe, Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre. 4. Aufl. 1886. Berlin. Ramann, Forstl. Bodenkunde und Standortslehre. Berlin.

Ausser diesen eine grössere Anzahl gelegentlich angeführter Werke, namentlich ist jedoch die neuere Literatur niedergelegt in Zeitschriften; von diesen sind (ausser den forstlichen) wichtig:

Forschungen der Agrikulturphysik, herausgegeb. durch E. Wollny. Heidelberg (eingegangen). (Abgek.: Forschg. d. Agrikulturphysik). Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen, herausgeg. v. F. Nobbe. Berlin (Abgek.: Vers.-Stat.). Jahresbericht der Agrikulturchemie. Berlin. Zentralblatt für Agrikulturchemie. Berlin. Landwirtschaftl. Jahrbücher. Berlin.

Die beiden letzteren Zeitschriften geben eine Uebersicht über die gesamten landwirtschaftlichen Arbeiten, vernachlässigen jedoch sehr häufig die forstlichen, die in der Regel nur sehr ungenügend mitgeteilt oder ganz übergangen werden.

Einleitung.

§ 1. Begriffe. Der **Boden** (Ackerkrume, Ackerboden der Landwirte) ist die oberste Verwitterungsschicht der festen Erdrinde, untermischt mit den Resten der Pflanzen und Tiere, welche auf und in derselben leben.

Die **Bodenkunde** (Pedologie) ist die Lehre von den Eigenschaften, der Entstehung und Umbildung des Bodens.

Die **Standortslehre** umfasst ausser der Bodenkunde noch die Abhängigkeit der Vegetation von klimatischen Verhältnissen, sowie von der Lage und die Wechselbeziehungen zwischen Boden und Pflanze; die forstliche Standortslehre berücksichtigt dabei wesentlich die Entwickelung der Waldbäume.

Die Standortslehre baut sich auf einer ganzen Reihe von einzelnen Hilfswissenschaften auf. In erster Linie sind hierbei gewisse Teile der Chemie, Physik und Pflanzenphysiologie notwendig, wozu noch Meteorologie und einzelne Abschnitte der Geologie und Mineralogie hinzutreten. Die Mannigfaltigkeit der Grundlagen bewirkt,

dass der Begriff der Standortslehre vielfach nicht genügend abgegrenzt werden kann. und je nach der Bedeutung, welche man den einzelnen Disziplinen einräumt, wird eine ganz verschiedenartige Behandlung hervorgehen. So giebt es Werke, welche die Standortslehre vom meteorologischen, bodenkundlichen oder pflanzenphysiologischen Standpunkt aus behandeln. In dem folgenden ist zunächst das Hauptgewicht auf die Bodenkunde gelegt.

§ 2. Allgemeines über den Boden. Für das Verständnis vieler Vorgänge im Boden ist es nützlich, den Boden zunächst als etwas Gegebenes aufzufassen und erst später die Bildungsweise desselben zu verfolgen. Es gilt dies für alle diejenigen Eigenschaften, die in erster Linie eine Folge der physikalischen Verteilung und Lagerung der Bodenbestandteile sind, wenn auch natürlich die chemische Zusammensetzung nicht ganz ausser acht gelassen werden darf.

Der Boden ist nie einheitlich zusammengesetzt. Wohl jede pflanzentragende Bodenart lässt sich durch geeignete Hilfsmittel in drei Gruppen von Bestandteilen zerlegen: in

1) Sand,
2) abschlämmbare Teile,
3) humose Stoffe (Humus).

Vielfach treten hierzu noch gröbere Gemengteile, die als Kies, Steine, Pflanzenwurzeln (unzersetzt) unterschieden werden.

Unter Sand versteht man alle Bestandteile eines Bodens, die sich beim Verteilen desselben in Wasser rasch absetzen und die Grösse eines Mohnkernes bis zu der eines Hanfkornes haben. Die chemische oder mineralogische Zusammensetzung dieser Körper wird erst in zweiter Reihe berücksichtigt, indem man z. B. von Quarzsand, Kalksand spricht. Der verbreitetste Bestandteil des Sandes ist der Quarz, wenn derselbe auch nur selten die Sande ganz allein zusammensetzt, welche zumeist sparsamer oder häufiger Körner von andern Mineralien oder Gesteinen einschliessen. Dahin gehören z. B. die „Spatsande" des nordischen Diluvium, die eine wechselnde Menge von Feldspatkörnern, die Glimmersande des Tertiär, die Glimmerblättchen enthalten, in ihrer Hauptmenge jedoch aus Quarzsand bestehen. Dagegen setzen sich die Kalk- und Dolomitsande, sowie der vulkanische Sand überwiegend aus Bruchstücken der betreffenden Gesteine zusammen.

Abschlämmbare Teile sind Bestandteile des Bodens, welche sich lange im Wasser schwebend erhalten; daher durch Verteilen des Bodens im Wasser und durch Abschlämmen von dem Sande getrennt werden können. Die abschlämmbaren Teile sind die Träger vieler der wichtigsten chemischen und physikalischen Eigenschaften eines Bodens.

Die abschlämmbaren Teile des Bodens bezeichnet man meist als „Rohthon". Ausser Kaolin (wasserhaltiges Thonerdesilikat) enthält der Rohthon andere wasserhaltige Silikate, sowie fein zerriebene Gesteinsmassen, fein verteilten kohlensauren Kalk, Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat. Für die Bodenkunde ist es dringend notwendig, die verschiedene Zusammensetzung der abschlämmbaren Teile zu berücksichtigen. Es giebt z. B. eine in Heidegebieten nicht seltene Bodenschicht, den Heidelehm, der ganz überwiegend aus feinst zerriebenem Quarzmehl besteht, zum grössten Teil abschlämmbar ist und doch nur einen ganz geringen Gehalt an Thon besitzt.

Unter dem Namen Humus werden alle Bodenbestandteile zusammengefasst, die aus der Verwesung oder Vermoderung der Tier- und Pflanzenreste hervorgehen. Auch der „Humus" stellt keinen einheitlichen Körper dar, sondern bezeichnet organische Stoffe in den verschiedensten Stadien der Umwandlung. Alle sind dunkel, braun bis schwarz ge-

färbt und sind sich in ihren Eigenschaften mehr oder weniger ähnlich. Die humosen Stoffe bilden die Hauptmasse der „Humusböden“ (Torf, Moorboden), finden sich in den übrigen Bodenarten in wechselnder Menge und beeinflussen das Verhalten derselben sehr wesentlich.

Die drei angegebenen Stoffgruppen finden sich in allen für das Pflanzenwachstum günstigen Bodenarten. Eine geeignete Mischung derselben ist wünschenswert; ein Ueberwiegen einzelner hat einen Rückgang des Bodenwertes zur Folge; reine, unfruchtbare Sande, zähe für die Pflanzenwurzel fast undurchdringliche Thonböden und endlich die Hochmoore mit ihrer ärmlichen Flora stellen die Grenzwerte dar.

I. Bodenbildung.

Verwitterung.

Der Boden geht aus mechanischem Zerfall und chemischer Zersetzung fester Gesteine hervor. Beide Vorgänge bezeichnet man als „Verwitterung“.

§ 3. 1) Der Zerfall der Gesteine (physikalische Verwitterung) wird namentlich durch Temperaturwechsel und durch Sprengwirkungen des gefrierenden Wassers verursacht.

a. Einwirkung der Temperatur. Alle Körper dehnen sich bei höherer Temperatur aus und ziehen sich bei niederer Temperatur zusammen. Sind Felsen oder auch Gesteinsbruchstücke in ihren einzelnen Teilen sehr verschiedenen Wärmegraden ausgesetzt, so kann die in den einzelnen Schichten herrschende Spannung so sehr gesteigert werden, dass ein Zerspringen herbeigeführt wird. In den wärmeren Gegenden, namentlich in solchen, welche grosse Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht aufzuweisen haben, wie in den wasserarmen Wüstengebieten, macht sich diese Erscheinung sehr merkbar. So beobachtete man in Oberägypten, bez. den benachbarten Wüsten, nicht selten, dass die dort verbreiteten Feuersteine mit klingendem Ton zerspringen. In jenen Gegenden wirkt der rasche Wechsel zwischen Wärme und Kälte zweifellos bei der Zertrümmerung der Felsmassen bedeutend mit. Anders in den gemässigten Klimaten, wo nur frei hervorragende und steil abstürzende Felsmassen, die am Tage der Sonne ausgesetzt sind, beeinflusst werden. Je mehr man sich den Polen nähert, um so gleichmässiger gestalten sich für längere Zeitabschnitte die Temperaturverhältnisse und um so geringer die Wirkung des Wechsels derselben.

Ein anderer Vorgang ist dagegen nicht ohne Bedeutung. Es ist das verschiedenartige Ausdehnungsvermögen der Mineralien bei Temperaturveränderungen. Sind die Mineralien im krystallisierten Zustande vorhanden, wie dies in Gesteinen meist der Fall, so tritt diese Wirkung nach verschiedenen Richtungen, welche den krystallographischen Axen entsprechen, in wechselnder Grösse auf. Als Regel gilt hierbei, dass gleichwertige Axen die gleiche, ungleichwertige Axen verschiedene Ausdehnungskoeffizienten haben. Dementsprechend ist die Volumveränderung durch wechselnde Temperatur bei den regulären Körpern nach allen Richtungen gleichmässig; bei quadratischen und hexagonal krystallisierenden nach zwei, bei allen andern nach drei Richtungen verschieden. Sind die Grössenunterschiede bei den in der Natur vorkommenden Schwankungen des Wärmegrades auch gering, so lockern sie doch den festen Zusammenhang der Gesteine. Wahrscheinlich ist es hierauf zurückzuführen, dass die Verwitterung um so energischer vorschreitet, je grobkörniger die einzelnen Mineralien im Gestein ausgebildet sind. Bei grösseren Krystallen wird sich naturgemäss die Volumänderung stärker bemerkbar machen, als bei feinkörnigen Gesteinen. Es gilt dies auch von solchen, welche einheitlich zusammengesetzt sind, da regulär krystallisierende Mineralien nur wenig an der Zusammensetzung der verbreiteten Gesteine Teil nehmen.

Eine gewichtige Rolle bei der Zertrümmerung der Mineralbestandteile spielen wahrscheinlich noch die mikroskopischen Einschlüsse, namentlich die Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse, sowie die Struktur der Gesteine. Unregelmässige Umgrenzungen, Ein- und Durchwachsungen der einzelnen Krystalle sind bei körnigen Gesteinen die Regel, bei anderen häufig. Bei wechselnden Temperaturen und dem grossen Ausdehnungskoeffizient der Gase ($\frac{1}{273}$), sowie bei den Volumveränderungen, welche die eingeschlossenen Flüssigkeiten, die grossenteils dem Wasser angehören, beim Gefrieren erleiden, kann man die zersprengende Wirkung derselben sicher als bedeutungsvoll betrachten. Es ist vielleicht hierauf mit zurückzuführen, dass die Flüssigkeitseinschlüsse in schwer spaltbaren und wenig angreifbaren Mineralien, wie z. B. Quarz allgemein verbreitet sind, während sie in andern, wie den Feldspaten, zu den grössten Seltenheiten gehören und meist durch Gasporen ersetzt sind.

Grössere fremde Einschlüsse, sowie die Einstülpungen der Gesteinsmasse, die in ausgeschiedene Krystalle hineinragen, werden namentlich durch die Volumveränderungen wirksam sein, welche bei der Verwitterung eintreten.

b. Wirkung des gefrierenden Wassers. Die Volumzunahme des Wassers bei seinem Uebergang in den festen Aggregatzustand ist beträchtlich und beträgt ziemlich genau $^1/_{11}$ (spez. Gew. des Wassers bei $+4^0 = 1$; bei $0^0 = 0,99988$; spez. Gew. des Eises bei $0^0 = 0,91674$); also Volumzunahme $1 = 1.102$).

Die Sprengwirkung des gefrierenden Wassers wird durch die Porosität der Gesteine gesteigert. Auch die festesten Gebirgsarten sind von einem Netz feinster Spalten und Hohlräume durchzogen, welche dem Wasser den Eintritt gestatten. Besonders auffällig wird die Wirkung, wenn in grösseren Spalten sich tropfbarflüssiges Wasser angesammelt hat, oder abgestorbene Wurzeln sich voll Wasser saugen; das gebildete Eis wirkt dann nach Art eines Keils und kann mächtige Blöcke absprengen. Senft teilt hiervon Beispiele mit (Senft, Forstliche Bodenkunde S. 143). Gesteine, deren Zersetzung schon weiter vorgeschritten ist, sind ganz von Wasseradern durchzogen, beim Gefrieren treiben diese die einzelnen Bruchstücke auseinander und nach dem Auftauen kann das ganze, vorher noch feste Gesteinsstück in Gruss zerfallen. Vorzügliche Beispiele für die Wirkung des Frostes geben z. B. poröse Ziegelsteine, die im feuchten Zustande längere Zeit dem Frost ausgesetzt waren.

§ 4. 2) Die lösende Wirkung des Wassers. So wenig es Gesteine giebt, die für Wasser gänzlich undurchdringlich sind, ebensowenig giebt es völlig unlösliche Stoffe. Die Verbindungen, in denen der Chemiker bei der Analyse die Stoffe abscheidet und zur Wägung bringt, bezeichnet man oft als unlöslich, tatsächlich sind sie nur sehr schwer löslich.

Auch die scheinbar ganz unangreifbaren Stoffe, wie Quarz, finden sich nicht selten mit zerfressener Oberfläche und geben so den Beweis, dass ein Lösungsmittel eingewirkt hat. Auch die Tatsache, dass Mineralien in den Formen anderer Mineralarten vorkommen (Pseudomorphosen), aus denen sie hervorgegangen sind, zeigt, dass kein fester Stoff völlig unangreifbar oder unveränderlich ist. Vielfach haben in solchen Fällen allerdings verdünnte Salzlösungen eingewirkt, wie ja völlig reines Wasser in der Erdkruste überhaupt nicht anzutreffen ist, aber auch schon die lösende Kraft des Wassers genügt, namentlich im kohlensäurehaltigen Zustande, bedeutsame Veränderungen hervorzubringen.

Als leicht löslich ist namentlich der Gips anzuführen, welcher sich in etwa 400 Tl. Wasser auflöst. Ferner sind in kohlensäurehaltigem Wasser die Karbonate des Kalkes, der Magnesia und des Eisenoxydules auflöslich. Die Menge, welche aufgenommen wird, hängt ab von dem Kohlensäuregehalt des Wassers, von der Zeitdauer der Einwirkung

und von der Beschaffenheit der Gesteinsoberfläche. Die mehr oder weniger feine Verteilung und die Oberflächenbeschaffenheit ist von grosser Bedeutung. Je ebener, glätter und gleichmässiger die Oberfläche eines Gesteines ist, um so schwieriger vermag das Wasser einzudringen und um so rascher läuft es ab, ohne Stoffe aufnehmen zu können. Die Technik macht Gebrauch von dieser Erfahrung, indem sie Denkmäler, Säulen und dergl. poliert. Nicht nur das Aussehen wird dadurch günstiger, sondern auch die Haltbarkeit wird bedeutend erhöht. Wie sehr der Angriff der Atmosphärilien durch die Beschaffenheit der Oberfläche beeinflusst wird, zeigt ein Versuch von Pfaff, der eine geschliffene Platte von Solenhofer Schiefer der Einwirkung des Regens aussetzte. Nach zwei Jahren betrug der Gewichtsverlust für 2500 Quadratmillimeter nur 0.18 gr.; nach drei Jahren schon 0.55 gr. Die Oberfläche war ganz rauh geworden.

In grossartigster Weise zeigt sich die grössere Widerstandsfähigkeit polierter Felsen in den Gebieten, welche früher von Gletschern bedeckt waren. Im skandinavischen Norden, in den Alpen und an anderen Orten finden sich sog. Rundhöcker, durch Eis gerundete Hügel, die noch jetzt, nach Jahrtausenden, durch die Verwitterung fast unangegriffen, ihre durch Eis geglättete Oberfläche erhalten haben.

Durch die lösende Wirkung des Wassers können ganze Schichten weggeführt werden. Erfahrungsmässig sind jedoch einzelne Teile eines Gesteines, auch bei gleicher chemischer Zusammensetzung, schwieriger löslich, sie ragen als Ecken und Adern hervor. Im Hochgebirge ist oft infolge jener verschiedenartigen Löslichkeit die Oberfläche von Kalkgesteinen von hervorragenden Rippen und Kanten bedeckt: Schratten oder Karrenfelder. (Vergl. Heim, Die Verwitterung im Gebirge, Basel 1879.) Auf ungleiche Löslichkeit im kleinsten Massstabe ist wohl auch die Bildung von Kalk- und Dolomitsand bei den reineren Kalksteinen und Dolomiten zurückzuführen.

Sind löslichen Gesteinen andere Bestandteile beigemischt, so bleiben diese zurück; es können so z. B. schwere Thonböden aus Kalkgesteinen hervorgehen.

§ 5. 3) Die Zersetzung der Gesteine (chemische Verwitterung; Verwitterung im engeren Sinne). Zersetzung der Gesteine mit Umwandlung ihres chemischen Bestandes werden in der Natur durch den Sauerstoff der Luft, ferner durch Wasser, welches Kohlensäure und organische, als Humussäuren bezeichnete Verbindungen gelöst enthält, verursacht. Man bezeichnet diesen Vorgang als einfache Verwitterung. Bei diesem Vorgange werden Salze gebildet, welche ebenfalls chemische Umsetzungen veranlassen und deren Wirkungen man als komplizierte Verwitterung bezeichnet.

Die Vorgänge der komplizierten Verwitterung sind im wesentlichen übereinstimmend mit den Wirkungen der „Absorption“ der Böden.

Alle Verwitterungsprozesse verlaufen rascher bei höherer Temperatur. Man kann in grossem Durchschnitt annehmen, dass bei einer Erhöhung der Temperatur um 10° die Geschwindigkeit chemischer Umsetzungen in Lösungen verdoppelt wird.

In der Natur zeigen die arktischen Klimate nur sehr wenig chemische Veränderungen der Gesteine, während in den Tropen ausserordentlich mächtige Verwitterungsschichten vorhanden sind.

Der Sauerstoff ist bei den Verwitterungserscheinungen der Gesteine durch die Oxydation des Eisenoxyduls und des Schwefeleisens beteiligt. Weitaus die meisten Elemente finden sich in völlig oxydiertem Zustande, vermögen daher nicht mehr Sauerstoff aufzunehmen. In den Hornblenden, Augiten und vielen anderen Mineralien sind dagegen Oxydulverbindungen des Eisens reichlich vorhanden, und ist die Ueberführung derselben in die Oxyde ein wesentlicher Teil der Verwitterung.

Bedeutsamer ist die Einwirkung des Sauerstoffs bei der Humusbildung. Je nach Gegenwart oder Abwesenheit des Sauerstoffs verläuft die Zersetzung der organischen Abfälle verschieden. Zumal die Bildung der Humussäuren wird durch Mangel an Sauerstoff gefördert.

Das Wasser im reinen Zustande übt eine ganze Reihe chemischer Zersetzungen aus. Namentlich ist die Einwirkung auf Alkalisilikate hervorzuheben.

Nichts ist geeigneter, den Unterschied zwischen löslichen und angreifbaren Mineralsubstanzen zu erklären, als die Einwirkung des Wassers auf ein lösliches Gestein, etwa auf Gips, und die auf ein zersetzbares, wie z. B. Feldspat.

R. Müller (Tschermak, Mineral. Mitteil. 1877. S. 31) behandelte reinen Kalifeldspat (Adular) während sieben Wochen mit Wasser. Die Zusammensetzung des Feldspates (angewendet 10.07 gr) sowie die gelöste Menge und die prozentische Löslichkeit der einzelnen Stoffe mag hier folgen.

		gelöste Menge	prozentische Löslichkeit
SiO_2	65.24	0.0102	0.0156
Al_2O_3	18.15	0.0025	0.0137
CaO	1.28	Spur	—
K_2O	14.96	0.0204	0.137

Es war also 0.328% des angewendeten Feldspates in lösliche Form übergeführt, jedoch zehnmal mehr Kali als Kieselsäure aufgenommen worden. Es hatte sich ein Alkalisilikat gebildet, welches etwas Thonerde in Lösung erhielt.

Noch energischer wirkt Wasser auf Natriumsilikate ein, während die Kieselsäureverbindungen der alkalischen Erden (Ca, Mg) und des Eisens nur unter gleichzeitiger Mitwirkung von Kohlensäure stärker zersetzt werden.

Aus diesem Beispiele geht hevor, dass auch das chemisch reine Wasser, welches man gewohnt ist als einen „indifferenten“ Körper zu betrachten, ganz bedeutende chemische Wirkungen auszuüben vermag.

Kohlensäure oder richtiger kohlensäurehaltiges Wasser wirkt zersetzend auf Silikate ein; zumal Mineralarten, welche alkalische Erden und Eisenoxydul enthalten, werden leicht angegriffen. Hierbei werden lösliche kohlensaure und kieselsaure Salze gebildet, während ein Teil des ursprünglichen Minerals als wasserhaltige Silikate zurückbleibt.

Löslich sind Alkalisilikate, Karbonate des Kalkes, der Magnesia und des Eisenoxyduls sowie wasserhaltige Kieselsäure. Unlöslich sind wasserhaltige Silikate der Thonerde und des Eisenoxydes. Vorhandener Kalk wird in der Regel in Karbonat übergeführt; zum Teil geschieht dies auch bei der Magnesia, obgleich vielfach auch Magnesiasilikate entstehen.

Wasserhaltige Kalksilikate werden durch kohlensäurehaltiges Wasser leicht zersetzt, entsprechende Magnesiasilikate nur wenig angegriffen; sie sind daher häufig vorkommende Minerale (Chlorit, Talk u. and.).

Der Vorgang der Silikat-Verwitterung ist zu bezeichnen als: Zerlegung der Mineralarten durch in Wasser gelöste Kohlensäure (und Humussäuren) unter Wasseraufnahme in einen löslichen und einen unlöslichen Teil. Der erstere wird meist weggeführt, der letztere bleibt zurück.

Die hauptsächlichsten Produkte der Verwitterung sind wasserhaltige kieselsaure Verbindungen der Thonerde, des Eisenoxyds und der Magnesia als Rückstand; freie Kieselsäure, kieselsaure und kohlensaure Salze der Alkalien, kohlensaure Salze des Kalkes, der Magnesia und des Eisenoxyduls als lösliche Verbindungen.

Bei Gegenwart von Sauerstoff, also bei Luftzutritt, kann kohlensaures Eisenoxydul

nur zeitweise auftreten, es wird sich rasch in Eisenoxyd bez. dessen Verbindungen umwandeln. Der Rückstand der Zersetzung von Silikaten an der Erdoberfläche bilden die mannigfaltigen Thone von wechselnder, meist gelber, brauner oder roter Färbung.

Es ist natürlich nicht notwendig, dass die Wegführung der bei der Verwitterung gebildeten löslichen Stoffe sofort geschieht; häufig bedarf es dazu grösserer Wassermengen, als zur Verfügung stehen, und erfolgt dann zunächst eine Ausscheidung der neugebildeten Stoffe, die gelegentlich in den krystallisierten Zustand übergehen und dann oft dauernd der Einwirkung des Wassers standhalten. Dahin gehört die Abscheidung der Kieselsäure als Quarz, der als sekundäre Bildung sehr oft im Dünnschliff beobachtet werden kann, während Krystalle von Kalkspat früher oder später doch zur Lösung kommen. Die letzteren finden sich namentlich in Gesteinen, die reich an Kalkfeldspaten (bez. Labrador) und an Augit sind. So kann man z. B. vielfach schwach zersetzten dichten Diabas von dichten dioritischen Gesteinen durch den Gehalt an Kalkspat unterscheiden (bez. durch das Aufbrausen bei Aufgiessen von Salzsäure).

So einfach sich die Vorgänge der einfachen Verwitterung auch in ihrem Endzustand darstellen, so mannigfach sind die Zwischenprodukte. Zurzeit kann man nur angeben, dass von diesen wahrscheinlich eine grosse Zahl gebildet wird, wenn auch eine Trennung derselben noch nicht möglich ist. Diese Körper werden nun noch ausserordentlich verschiedenartig durch die Vorgänge der komplizierten Verwitterung, also durch die Einwirkung der entstandenen Salze aufeinander und auf die Bestandteile des Rückstandes beeinflusst. Nur wenige der wichtigsten bisher erkannten Umsetzungen können hier berührt werden. (Vergl. Bischof, Lehrb. d. chem. Geolog. 1. S. 43).

Bei der Verwitterung entstehen namentlich kieselsaure und kohlensaure Alkalien, Karbonate des Kalk, der Magnesia und des Eisenoxyduls. Ausserdem führen fast alle Bodenarten geringe oder reichlichere Mengen von löslichem schwefelsaurem Kalk.

a) Kieselsaure Alkalien zersetzten die Sulfate und Chloride der alkalischen Erden.

b) Kalisilikat wird durch Eisenoxyd und Thonerde die Kieselsäure entzogen und Alkali freigemacht. Das freie Alkali kann Thon lösen und so zu dessen Wegführung Veranlassung geben, obwohl sonst die Thonerde der am schwierigsten bewegliche Bestandteil des Bodens ist.

c) Kohlensaure Alkalien zersetzen Kalksilikat, nicht aber Magnesiumsilikat.

d) Gelöster kohlensaurer Kalk $CaH_2(CO_3)_2$ nnd Kalisilikat liefern unter Freiwerden der Kieselsäure Karbonate von Kalk und Kali.

§ 6. 4) Organische Stoffe und deren Einwirkung. Ausser den anorganischen Stoffen üben auch die sich zersetzenden organischen Reste eine bedeutsame Tätigkeit, welche die Verwitterung stark befördert. Namentlich sind es die freien „Humussäuren“ sowie die leicht löslichen humussauren Alkalien, welche angreifend auf die Gesteine einwirken. Kaum ein Teil der Bodenkunde hat so wenig Förderung gefunden als dieser Punkt. Das darüber Bekannte lässt sich in dem folgenden zusammenfassen.

Die wichtigste lösliche organische Säure des Bodens ist die Quellsäure (Crensäure; deren Salze = Crenate), welche mit allen im Boden vorkommenden Metallen, ausser Thonerde bez. Eisenoxyd, lösliche Verbindungen bildet.

Ferner sind die dunkel gefärbten, chemisch noch nicht definierbaren „Humussäuren“ wirksame Bodenbestandteile, die mit Alkalien lösliche Verbindungen geben, während die Salze der alkalischen Erden unlöslich zu sein scheinen.

Im Boden können ferner noch zahlreiche andere organische Säuren vorkommen (Essigsäure, Ameisensäure, Buttersäure, Milchsäure u. s. w.). Die meisten der löslichen Säuren scheinen durch die Lebenstätigkeit niederer Organismen (Bakterien) gebildet zu werden.

Viele organische Stoffe des Bodens verbinden sich leicht mit Sauerstoff; sie wirken reduzierend und vermögen Eisenoxyd in Oxydul überzuführen, dessen Verbindungen gelöst und ausgewaschen werden.

Das Hauptprodukt der Verwitterung durch Humussäuren ist Kaolin (Kaolinit; wasserhaltiges Thonerdesilikat). Durch Einwirkung der Humussäuren entstandene Bodenarten zeichnen sich daher durch helle, weissliche Färbung aus (Unterschied von den durch Kohlensäure verwitterten Böden).

Die Verwitterung durch Humussäuren ist weit verbreitet und überwiegt in den kühlen und regenreichen Gebieten die durch Kohlensäure.

Als Regel kann ferner gelten, dass bei Gegenwart von reichlichen Mengen der alkalischen Erden, namentlich des Kalkes, überwiegend unlösliche Verbindungen gebildet werden und die Einwirkung der humosen Stoffe gering ist.

In Bodenarten, die wenig Kalk, dagegen viel Kali oder Natron enthalten, bilden sich dagegen lösliche humussaure Alkalien, oder in armen Bodenarten finden sich freie lösliche Humussäuren. Die Bodengewässer in Heidegebieten zeigen oft bis in grosse Tiefe saure Reaktion. Diese humosen Lösungen wirken stark lösend und angreifend auf die Mineralstoffe des Bodens. Senft, der diese Punkte noch am ausführlichsten berührt, schreibt namentlich dem humussauren Ammoniak eine starke lösende Wirkung zu (Senft, Gesteins- u. Bodenkunde 2. Aufl. S. 331); er fand, dass die Silikate der Alkalien und der Magnesia, die Sulfate des Kalkes und des Strontiums, die Phosphate von Kalk und Eisen, durch jenes Salz in Lösung übergeführt werden.

Tatsächlich finden sich die obersten Schichten solcher Erdarten, namentlich der Sande, die wenig alkalische Erden enthalten, oft bis in erhebliche Tiefe ausgebleicht und durch Auswaschung an Mineralstoffen erschöpft.

§ 7. 5) Die Absätze aus verwitternden Gesteinen. Unmittelbar an die Wirkungen der Verwitterung müssen die Absätze angeschlossen werden, die sich so vielfach in Gesteinen, wie auch in Bodenschichten finden. Man muss dabei nach dem Vorkommen die durch chemische Reaktionen bewirkten Ausfällungen und die Konkretionen unterscheiden. Beide Formen gehen vielfach ineinander über, unterscheiden sich aber namentlich durch ihre Ablagerungsweise.

Unter Ausfällungen sind hier alle Bildungen verstanden, welche aus gelösten Stoffen hervorgehen, die durch irgend eine chemische, zuweilen auch wohl physikalische Ursache oder Reaktion in unlöslichen Zustand übergeführt werden. Die Abscheidung kann daher an verschiedenen Stellen erfolgen, wird sich aber zumeist schichtenartig über grössere oder kleinere Flächen erstrecken, je nach dem Vorhandensein der wirksamen Substanzen.

Die Konkretion[1]) dagegen setzt ebenfalls eine Ausscheidung aus gelösten Stoffen voraus (nur selten wird eine mechanische Verschwemmung Konkretionen bilden können), verlangt aber gleichzeitig ein inniges Zusammenlagern der gleichartigen Teile. Es treten also bei der Bildung der Konkretionen Kohäsionskräfte in Wirkung, welche immer Gleiches zu Gleichem hinzufügen und so ein allmähliches Wachsen der Abscheidung von innen nach aussen herbeiführen. Dementsprechend ist die Form der Konkretion in der Regel eine mehr oder weniger linsenförmige oder der Kugelgestalt genäherte (Lösspuppen, Markasitknollen u. dergl.).

---

1) Die Geologie unterscheidet noch Sekretionen, deren Bildungsweise von den Konkretionen dadurch abweicht, dass die Abscheidung von aussen nach innen fortschreitet (Achatmandeln gegenüber den Lösskindchen). Die Vorgänge der Abscheidung sind jedoch völlig gleich und können hier zusammengefasst werden.

Ausfällungen können in Konkretionen übergehen, indem die ausgefällten Körper in innige Berührung gelangen und Kohäsionskräfte eine Zusammenlagerung herbeiführen. Die meisten Lager von Raseneisenstein sind wohl durch Ausfällung von Eisenoxydulsalzen bei deren Oxydation gebildet. Die abgeschiedenen Massen lagern sich jedoch zusammen und werden in eine feste, steinartige Masse übergeführt. Die Raseneisenerze gehören so, trotz ihrer Entstehung, wohl zweifellos zu den Konkretionen, wofür auch die weitverbreitete kugelige Gestalt derselben spricht.

Im allgemeinen sind im Boden grössere, durch Ausfällung, ohne Konkretionsbildung, entstandene Massen selten. Wahrscheinlich sind denselben die im Moorboden weit verbreitet vorkommenden kohlensauren Kalke, die Moormergel oder Alm genannten Bildungen zuzuzählen; ausserdem (nach der Meinung des Verfassers) der Ortstein.

Das Auftreten von Konkretionen in den oberen Erdschichten, namentlich im Boden, ist vielfach übersehen worden. Es ist ein Verdienst von Emeis (waldbauliche Forschungen. Berlin 1875 und viele spätere Arbeiten in der allg. Forst- u. Jagdztg.; Zeitschr. f. Heidekultur) hierauf nachdrücklich hingewiesen und so die Bodenkunde wesentlich gefördert zu haben.

Im folgenden werden die wichtigsten Absätze nach ihrer chemischen Beschaffenheit kurz besprochen werden und wird die Entstehung soweit tunlich berührt werden. Als allgemeine Regel gilt, dass Stoffe, welche sich (meist unter Mitwirkung chemischer Reaktionen) aus einer Lösung abgeschieden haben, nicht auch als solche in derselben löslich zu sein brauchen.

Karbonate. Zu den verbreitetsten und wichtigsten Absätzen gehören die der Karbonate des Kalkes und der Magnesia, weniger des Eisenoxyduls.

Kohlensaures Calcium, am häufigsten als Kalkspat, seltener als Aragonit, findet sich vielfach auf Gängen und in Hohlräumen der Gesteine. Abscheidungen, in denen oft beide Formen der Karbonates vorkommen, sind Tropfsteine, Kalksinter und Kalktuffe.

Die Tropfsteine bilden sich in Höhlen der Kalkgesteine. Die langsame Verdunstung des Wassers veranlasst die Abscheidung des gelösten Kalkes.

Kalksinter, scheidet sich überwiegend aus dem gelösten Kalke heisser Quellen aus und wird oft in Form zusammengelagerter gerundeter Körner gebildet, Rogen- oder Erbsenstein, oolithischer Kalk. Namentlich die Sinterbildungen der Karlsbader Quellen sind bekannt (Sprudelstein). Bodenkundlich treten die Kalksinter zurück. Dieselben enthalten zumeist noch andere Karbonate (Fe, Mg, Mn) sowie Oxyde von Eisen und Silikate beigemischt.

Kalktuffe sind von grösserer Wichtigkeit. Sie bilden sich unter Mitwirkung von Pflanzen, die den kalkhaltigen Gewässern Kohlensäure entziehen und so den Kalk zum Absetzen bringen. Die Kalktuffe erscheinen als ein unter einander verkittetes Inkrustat von Halmen, Blättern und Moosen. Diese Tuffe bilden sich noch fortwährend und bedecken oft erhebliche Flächen.

Als „Kalksammler" sind von Wichtigkeit die verschiedenen Arten von Chara, die oft bis zur Hälfte der Trockensubstanz aus Kalkkarbonat bestehen. Ferner einzelne Moosarten, die infolge des lebhaften Spitzenwachstums oft in den unteren Lagen schon dicht von Kalktuff umgeben sind, während sie an der Oberfläche weiter grünen. Wässer mit relativ geringem Kalkgehalt (oft nur 0,03%) vermögen unter Mithilfe der Pflanzen Kalktuff zu bilden.

Moormergel, Alm, sind feinerdige, weisse oder grau gefärbte Abscheidungen von kohlensaurem Kalk, die sich in Mooren und Torflagern bilden. Der Moormergel

tritt vielfach nur nesterweise auf, findet sich jedoch auch in ausgedehnteren Schichten. Im feuchten Zustande breiig, trocknet er entweder zu weissen kreideartigen Massen. oder zu einem feinkörnigen, weissen Sande (so der „Alm“, der nach Sendtner die Grundlage der meisten bayerischen Moore bildet. Vegetat.-Verh. Südbayerns 1854. S. 123), seltener zu sehr leichten, fast verfilzt erscheinenden zusammenhängenden Schichten.

Die Entstehung des Moormergels ist noch dunkel. Viel für sich hat die Annahme, dass sich organische lösliche Kalksalze bilden, die später oxydiert werden und feinpulverigen kohlensauren Kalk abscheiden.

Lösspuppen, Lösskindchen, Mergelknauern nennt man im Löss und im Diluvialmergel, sowie in kalkhaltigen Thonen vorkommende Konkretionen von kohlensaurem Kalk, von dem sie 60—80% enthalten. Dieselben sind gerundet oder als flache Scheiben ausgebildet und erscheinen durch Verwachsen mehrerer kugeligen Bildungen oft in eigenartigen Formen.

Osteokolla. Kalkinkrustate von Wurzeln, die sich namentlich im trockenen, meist flüchtigen Sande bilden und dem Forstmann nicht selten entgegentreten. Es ist beobachtet worden, dass in Dünensanden abgestorbene Wurzeln völlig mit Kalk inkrustiert waren, so dass das feinste Wurzelgeflecht erhalten blieb. (G. Rose, Zeitschr. geol. Ges.).

Sulfate. Gips wird vielfach durch Verdunstung des Lösungswassers ausgeschieden. Künstlich führt man dies in Gradierwerken herbei, wo Gips die Hauptmasse der Dornsteine bildet.

Kieselsäure und Silikate. Kieselsäure gehört (als Quarz) auf Gängen und in Gesteinshohlräumen (Chalcedon) zu den verbreitetsten Absätzen.

An der Erdoberfläche wird Abscheidung amorpher Kieselsäure, namentlich durch die Diatomeen, Algenarten mit kieselsäurehaltiger Umhüllung veranlasst, welche den Polierschiefer, Tripel bilden. Aus heissen kieselsäurehaltigen Quellen scheidet sich der Kieselsinter durch Verdampfen des Wassers, sowie unter Mitwirkung niederer Organismen aus (nicht bei der Abkühlung).

Silikate gehören ebenfalls, namentlich im wasserhaltigen Zustande als Zeolithe, zu den verbreitetsten Absätzen. Auch in Kalkgesteinen, Thonschiefern u. dergl. hat man Zeolithe gefunden; Vorkommen, die insofern von Wichtigkeit sind, als sie der Anschauung, dass der Erdboden Zeolithe enthält, eine Stütze gewähren.

Oxyde und Oxydhydrate. Ausser den hierher gehörigen Mineralien von vorwiegend wissenschaftlichem Interesse sind namentlich die Raseneisen- und Ockerbildungen zu nennen, sowie die Verkittungsmittel der eisenschüssigen Sandsteine.

Ocker, Eisenocker sind pulverige Abscheidungen von Eisenoxydhydrat, dem noch Kalkkarbonat, Thon und andere Silikate beigemischt sind. Die Ockerbildung erfolgt aus eisenhaltigen Quellen durch Oxydation des gelösten kohlensauren Eisenoxyduls, und scheint entweder nur in bewegten Wässern oder solchen mit flachem Wasserspiegel einzutreten.

Raseneisenstein besteht vorwiegend aus Eisenoxydhydrat mit beigemischtem Sande, Thon, organischen Stoffen, die alle in sehr wechselnden Mengen auftreten. Raseneisenstein bildet sich namentlich in Torflagern und Mooren, sowie auf dem Grunde der Seen. (Vergl. Senft, Humus-, Marsch- und Limonitbildungen. Leipzig 1862; Stapf, Zeitschr. geol. Ges. Bd. 18. S. 110 u. 167. 1866). In vielen Fällen sind bei der Abscheidung niedere Organismen, die Eisenbakterien (Crenotrix u. a.) beteiligt.

Der Raseneisenstein findet sich vielfach in kleineren gerundeten Konkretionen von geringem oder ohne jeden Zusammenhang, dann bodenkundlich von geringerer Bedeutung, oder in mächtigen, festen Bänken. Die letztere Form verhält sich den Pflanzen

gegenüber wie eine feste Felsschicht. Nur Durchbrechung derselben und Ableitung des zu reichlich vorhandenen Wassers kann eine Kultur solcher Flächen ermöglichen.

§ 8. 6) Die Absätze organischer Stoffe. Zu diesen gehört in erster Linie der Ortstein.

Ortstein, Branderde, Fuchserde ist ein durch humose Stoffe verkitteter Sand, der sich in grosser Ausdehnung in armen Sandböden findet. Die Verbreitungsgebiete des Ortsteins sind namentlich die Küstenländer der Nord- und Ostsee, sowie weite Flächen des nordischen Flachlandes. Der Ortstein enthält 2—10% organischer Stoffe, welche den Sand verkitten. Erfahrungsmässig sind Bildungen mit 8—10 und mehr Prozent organischer Stoffe weich, leicht zerreiblich und für die Wurzeln durchdringbar; sie werden Branderde genannt. Der festere Ortstein kommt in zwei Abarten vor, einmal braun bis schwarz, mit mittlerem Gehalte an organischen Stoffen, steinartig; an die Luft gebracht zerfällt er in ein bis zwei Jahren zu einem braunen, später weissen Sande. Anderseits findet sich Ortstein hellbraun gefärbt von grösserer Mächtigkeit, geringerem Gehalte an organischer Substanz (oft nur 1—2%) und schwieriger Verwitterbarkeit. Von der vorigen Form des Ortsteins unterscheidet er sich namentlich noch durch die grössere Zähigkeit; die einzelnen Körner sind wie in einander verfilzt.

Das Vorkommen des Ortsteins ist ein ganz charakteristisches. Unterhalb der humosen Bodenbedeckung findet sich ein schwach humoser (selten mehr als 2% humose Stoffe), grau gefärbter Sand, nach seiner Farbe Grau- oder Bleisand genannt, der durch Auswaschung fast völlig an löslichen Stoffen erschöpft und dessen Silikate verwittert sind. Er enthält oft noch nicht $^1/_{10}$% löslicher Mineralstoffe.

In scharfer Linie vom Bleisand getrennt lagert der Ortstein oberhalb einer gelb gefärbten, an Mineralstoffen relativ reichen Sandschicht, der Verwitterungszone des Sandbodens. Der gewöhnliche Ortstein ist von den unterliegenden Sandschichten meist nicht scharf aber erkennbar getrennt, während die zähere Form ganz allmählich in diese übergeht.

Der Ortstein ist die an löslichen Mineralstoffen reichste Schicht des Bodens. Eisen enthält derselbe meist in mässiger Menge, etwas reichlicher Thonerde.

Die Entstehung des Ortsteins erfolgt durch Zufuhr von organischen Stoffen aus der Oberfläche, welche auf der an Mineralstoffen reicheren Verwitterungsschicht sich absetzen. Ob diese Abscheidung ein chemischer oder ein physikalischer Vorgang ist, darüber bestehen noch verschiedene Ansichten. Der Verfasser (Ramann, Jahrbuch d. geol. Land. v. Preuss. 1885 und Zeitschr. f. Forst- und Jagdw. 1884, dort auch die ältere Litteratur) glaubt, dass die Ortsteinbildung dadurch bedingt wird, dass die humosen Stoffe in reinem Wasser löslich sind, in salzhaltigem dagegen abgeschieden werden. Die Regenwässer vermögen in den obersten Bodenschichten humose Körper zu lösen, führen diese in die Tiefe und Ausfällung derselben erfolgt, sowie sie mit Bodenschichten in Berührung kommen, die an löslichen Mineralstoffen reich sind. Diese Erklärung lehnt sich eng an Arbeiten von Emeis (Waldbaul. Forschungen. Berlin 1875) an. Sie wird bestätigt durch die völlig amorphe, strukturlose Beschaffenheit der Humusstoffe, welche die Sande verkitten. P. E. Müller sieht dagegen im Ortstein überwiegend eine chemische Fällung (Naturl. Humusformen. Berlin).

Die Ortsteinbildung schreitet noch fortwährend weiter. Alle armen Sande, die der Auswaschung durch Regen u. s. w. ausgesetzt sind, können Veranlassung zur Abscheidung geben. Kleinere Durchbrechungen der Ortsteinschicht werden durch Neubildungen wieder geschlossen, wobei tiefe Einsenkungen des Ortsteins in den unterliegenden Boden, sogenannte Töpfe, gebildet werden.

Für die Waldkultur ist der Ortstein von hervorragender Bedeutung. Die Aufforstung der Heideflächen beansprucht grosse Aufwendungen an Geld und Arbeitskraft, es ist daher auf die Neubildung des Ortsteins Rücksicht zu nehmen. Die Löcherkultur ist zu verwerfen, Streifenkultur in trockenen Lagen, Rabattenkultur in feuchten Lagen sind zu empfehlen. Die Streifen müssen eine genügende Breite haben (nicht unter ein Meter), um den Bäumen dauernd die tieferen Erdschichten aufzuschliessen. Waldbestand wirkt der Ortsteinbildung erfahrungsmässig entgegen, während Vernichtung des Waldes dieselbe befördert. Es ist dies durch den jährlichen Streuabfall zu erklären, welcher der Bodenoberfläche fortwährend Mineralstoffe zuführt, die von den Wurzeln grossenteils tieferen Bodenschichten entzogen sind. Der Auswaschung wird so entgegen gewirkt.

In neuerer Zeit hat man, wie es scheint mit Glück versucht, gegen Ortstein und Ortsteinbildung durch Düngung und geeignete Bodenpflege anzukämpfen (van Schermbeek, Nordwestdeutscher Forstverein 1895 und 1896).

Andere durch die reduzierenden Einwirkungen der organischen Stoffe mit bedingte Ablagerungen sind:

Vivianit, phosphorsaures Eisenoxydul, ursprünglich weiss, nimmt, der Luft ausgesetzt, rasch eine blaue Farbe an. In Torfboden und namentlich in Verbindung mit Raseneisensteinen verbreitet.

Eisenkies (Schwefelkies). Die löslich gewordenen Eisenoxydulsalze werden durch den bei der Fäulnis der Eiweissstoffe frei werdenden Schwefel und Schwefelwasserstoff in Schwefeleisen übergeführt, welches sich in der Natur erfahrungsgemäss als zweifach Schwefeleisen FeS_2 abscheidet. Eisenkies oxydiert sich bei Gegenwart von Luft und Wasser leicht, es kann sich daher nur unter selteneren Bedingungen in Bodenschichten bilden und findet sich namentlich im Untergrunde von Moor- und Torfböden.

II. Die Absorptionserscheinungen im Boden.

Literatur. Die umfangreiche Literatur, soweit sie auf Arbeiten über Boden Bezug hat, in A. Mayer, Lehrb. d. Agrikulturchemie. 3. Aufl. Heidelberg 1886, fast vollständig angegeben; die Lit. über die komplizierte Verwitterung findet sich in Roth, Chemische Geologie. Berlin 1879.

§ 9. 1) Allgemeines. Unter den Vorgängen im Boden haben die Absorptionserscheinungen bei ihrem Bekanntwerden das grösste Aufsehen erregt und die mannigfachste Bearbeitung erfahren. Ueber keinen anderen Gegenstand der Bodenkunde sind jedoch so viel irrige Anschauungen verbreitet und kaum einer hat zu so viel Besprechungen Veranlassung gegeben, als dies gerade bei den Absorptionserscheinungen der Fall war.

Die Ehre der ersten Entdeckung derselben gebührt dem Engländer Way, obwohl einzelne hierher gehörige Tatsachen schon vorher bekannt waren; das Verdienst Liebig's ist es aber gewesen, die Tragweite der Tatsachen erkannt und denselben die weiteste Verbreitung gegeben zu haben.

Der speziellen Behandlung der Absorptionserscheinungen müssen einige theoretische Betrachtungen vorausgeschickt werden.

Der Zustand der gelösten Stoffe ist in neuerer Zeit eingehend untersucht worden. Es hat sich dabei herausgestellt, dass in wässeriger Lösung zwei grosse Gruppen von Körpern zu unterscheiden sind, solche, welche durch den elektrischen Strom leiten und durch ihn zerlegt werden (Elektrolyten) und solche, bei denen dies nicht der Fall ist.

Die ersteren sind für die Bodenkunde am wichtigsten. Zur Erklärung ihres Ver-

haltens nimmt man an, dass Wasser zerlegend (dissoziierend) auf die Elektrolyten einwirkt, so dass in der Lösung nicht nur Moleküle des gelösten Stoffes enthalten sind, sondern ein grösserer oder geringerer Teil derselben in „Jonen" zerlegt ist, z. B. Chlornatrium in wässeriger Lösung nur zum Teil als NaCl vorhanden, zum anderen in „Chlorjonen" und „Natriumjonen" zerspalten ist. Die Jonen sind elektrisch geladen und die Voraussetzung für den Bestand der Lösung ist, dass gleichviel elektrisch negative und elektrisch positive Jonen vorhanden sind. Sind in einer Lösung verschiedene Salze enthalten, so wird sich zwischen diesen Gleichgewicht herstellen.

Der Gleichgewichtszustand wird durch jede Aufnahme eines neuen Stoffes, sowie durch Wechsel im Wassergehalte beeinflusst.

Etwas anders verläuft der Prozess, wenn ein Bestandteil unlöslich ausgeschieden wird. Ist z. B. neben Chlorbaryum schwefelsaures Natrium vorhanden, so wird schwefelsaures Baryum ausgefällt und Chornatrium bleibt in Lösung,

$$BaCl_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4 + 2NaCl.$$

Diese Umsetzungsformel giebt jedoch nur den Endzustand, nicht alle zwischenliegenden Vorgänge an. Bei der ersten Mischung der gegebenen Salze wird alles entstandene schwefelsaure Baryum durch Ausfällung der Einwirkung der Stoffe entzogen und der Gleichgewichtszustand in der Flüssigkeit gestört. Es wird dadurch eine neue Menge des unlöslichen Salzes gebildet und so fort, bis jede Spur von Schwefelsäure an Baryum gebunden, unlöslich ausgeschieden und dadurch der chemischen Einwirkung entzogen ist. Hierzu ist aber eine gewisse Zeit notwendig, die für das angezogene Beispiel zwar sehr gering ist, aber unter Umständen längere Dauer erfordern kann.

Auf solchen Vorgängen beruht die Tatsache, dass in der Regel aus einer Lösung vom Boden mehr absorbiert wird, wenn die Einwirkung lange, als wenn sie nur ganz kurze Zeit andauert. Natürlich ist dies nur bis zu einem gewissen Grade richtig: hat sich einmal der Gleichgewichtszustand zwischen Boden und Flüssigkeit herausgestellt, so hört jede fernere Einwirkung auf.

Im Boden sind zahlreiche Salze vorhanden, welche nicht nur unter sich Umsetzungen erfahren, sondern auch auf die schwerer angreifbaren Bestandteile der festen Bodenpartikel einwirken. Endlich machen sich auch noch Absorptionswirkungen, die von der Oberfläche des Bodens ausgehen, geltend. Alles dies macht es verständlich, dass zahlreiche Umsetzungen eintreten, welche die Zusammensetzung der Bodenflüssigkeit beeinflussen.

Von grösster Bedeutung für die Absorptionserscheinungen, ja in ihrem ganzen Verlauf überwiegend davon beeinflusst, ist ferner das Gesetz der chemischen Massenwirkung.

Auch zur Erläuterung dieses Gesetzes mag ein Beispiel dienen. Lässt man bei höherer Temperatur Wasserstoff auf Eisenoxydoxydul einwirken, so bildet sich metallisches Eisen und Wasser

$$Fe_3O_4 + 8H = 3Fe + 4H_2O.$$

Bedingung ist jedoch für die Beendigung der Reaktion ein sehr grosser Ueberschuss von Wasserstoff; wollte man nur die in der Gleichung angegebene Menge Wasserstoff anwenden, so würde nur ein kleiner Teil des Oxydes reduziert werden.

Ganz anders verläuft der Prozess, wenn man bei derselben erhöhten Temperatur Wasserdampf auf Eisen einwirken lässt. Dann bildet sich Wasserstoffgas und Eisenoxydoxydul

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 8H.$$

Die Umsetzung erfordert einen grossen Ueberschuss von Wassergas.

Körper können also die gerade entgegengesetzte Reaktion bewirken, je nach der Menge, in welcher der einzelne vorhanden ist. Das Gesetz ist nach den Entdeckern derselben das Guldberg-Waage'sche Gesetz der chemischen Massenwirkung genannt worden (Journ. f. prakt. Chem.).

Solche Massenwirkungen finden nun im Boden fortwährend statt. Je nach Flüssigkeitsmenge und Mineralstoffen erfolgt ein fortwährender Ausgleich. Die Bodenflüssigkeit ist daher in ihrer Zusammensetzung dauernd in Veränderung begriffen, da Verdunstung und Zufuhr von Wasser mit einander wechseln.

Unter den bezüglichen Arbeiten ist keine so geeignet, die Vorgänge der Absorptionswirkungen und ihre Abhängigkeit von der Massenwirkung so vorzüglich zu zeigen, wie die von Lemberg (Zeitschr. geol. Ges. 1876. p. 313).

Lemberg arbeitete mit wasserhaltigen Silikaten; eins derselben hatte folgende Zusammensetzung:

Silikat 1.		
	Kieselsäure	46.64%
	Thonerde	29.38 „
	Kali	22.75 „
	Natron	1.83 „

Nachdem es drei Wochen hindurch mit kohlensäurehaltigem Wasser behandelt worden, ergab sich die folgende Zusammensetzung (ohne Berücksichtigung des chemisch gebundenen Wassers):

Kieselsäure	54.01%
Thonerde	39.65 „
Kali	5.34 „

Das Wasser war also im stande gewesen, den weitaus grössten Teil des Kali zu lösen. Führte man dem so entstandenen Salz wieder Kali zu, indem man es mit Kalilauge behandelte, so ergab sich ein Produkt von folgender Zusammensetzung:

Kieselsäure	46.60%
Thonerde	35.67 „
Kali	17.73 „

Das ausgeschiedene Kali wurde also wieder aufgenommen, wenn es in genügender Menge gegenwärtig war. Eine erneute Behandlung mit Wasser würde es wieder in Lösung geführt haben; oder mit anderen Worten: die Zusammensetzung des Silikates war von der Masse des wirkenden Kaliums und des Wassers abhängig.

Liess man auf das ursprüngliche Silikat (Silikat 1) Chlorammonium einwirken, so verdrängte das im Ueberschuss vorhandene Ammoniak das Kali fast vollständig und es ergab sich eine Verbindung von folgender Zusammensetzung:

Kieselsäure	56.17%
Thonerde	34.59 „
Kali	0.89 „
Ammoniak (NH_3) . .	8.37 „

In gleicher Weise würde man das Kali oder das Ammon durch einen Ueberschuss von Natron verdrängen können. Die Beispiele sollen nur zeigen, in welcher Weise die Umsetzungen verlaufen. Hiernach wird es möglich sein, sich von den zahllosen Prozessen, die im Boden neben einander hergehen, ein Bild zu machen.

Auch die Tatsache, dass aus konzentrierteren Lösungen mehr Stoffe absorbiert werden als aus verdünnten, erklärt sich leicht, da die Massenwirkung des Wassers in den ersteren zurücktritt. Die Absorption steigt dabei nicht im gleichen Masse mit der Konzentration. Es stellt sich immer ein Gleichgewicht zwischen den wirkenden Stoffen her (also zwischen Boden, Wasser und Salzgehalt), welches in jedem

Falle eine verschiedenartige Absorption vermitteln wird, je nach der Menge und Wirkungsweise der einzelnen Körper. Auf die gleiche Ursache ist es wohl auch zurückzuführen, dass dieselbe Menge Erde bei gleicher Stärke der Lösung aus einem grösseren Volum Flüssigkeit mehr absorbiert als aus einem kleineren.

Die bedeutsamste Wirkung der Absorption des Bodens ist darin zu suchen, dass durch diese Vorgänge die Zusammensetzung der Bodenflüssigkeit so beeinflusst wird, dass bei Gegenwart von viel Wasser neue Stoffe in Lösung gehen, die Pflanzenwurzel also nicht Mangel leidet, und anderseits bei Abnahme der Flüssigkeitsmenge durch gesteigerte Absorption einer schädlichen Konzentration entgegen gewirkt wird.

§ 10. 2) Einige spezielle Beziehungen. Für die verschiedenen Bodenarten gelten hauptsächlich folgende Regeln.

Die einzelnen basischen Körper haben eine verschieden starke chemische Wirksamkeit. Je nach derselben und je nachdem sie namentlich geneigt sind, lösliche Salze zu bilden, wird die Einwirkung verschieden sein.

Am energischsten wird das Kalium aufgenommen, dem sich das Ammon sehr ähnlich verhält; während das Natrium nur schwach absorbiert wird.

Von den alkalischen Erden wird Magnesium und Calcium sehr wenig festgehalten.

Von den Säuren werden Schwefelsäure, Salpetersäure und die Chlorverbindungen, als solche, die leicht lösliche oder nicht schwer lösliche Salze bilden, nicht absorbiert, während die Phosphorsäure energisch aufgenommen wird; eine Folge der Unlöslichkeit der meisten phosphorsauren Salze (die des Eisen, Thonerde, Kalk, Magnesia).

Alle diese Angaben sind insofern nur relativ richtig, da ja gleichzeitig die vorhandene Menge der einzelnen Stoffe einwirkt. Wie früher gezeigt wurde, vermögen auch solche Metalle, wie Natrium, die einer relativ geringen Absorption unterliegen, andere zu verdrängen, wenn sie nur in genügender Masse vorhanden sind. Hierauf gründet sich die Wirkung der sogenannten „indirekten Dünger“ und auch z. T. solcher Dünger, die aus Pflanzennahrung bestehen, dabei aber löslich sind.

Als indirekter Dünger kann z. B. das Kochsalz angeführt werden. Weder Chlor noch Natrium sind als wesentliche Nährstoffe zu betrachten. Trotzdem wirkt Kochsalz anregend auf die Vegetation. Durch den Ueberschuss von Natrium werden Kalium und andere Körper leichter löslich und für die Pflanzen in eine rascher aufnehmbare Form übergeführt.

Gips und Mergel sowie Chilisalpeter gehören ebenfalls zum Teil hierher. Obgleich dieselben wesentliche Nährstoffe enthalten, wirken sie doch gleichzeitig als „indirekte Dünger“, indem sie durch Massenwirkung die übrigen Stoffe löslich machen. Natürlich geschieht dies auf Kosten des vorhandenen Bodenkapitals.

Nach den in der Natur vorkommenden Verhältnissen wird sich die Absorptionswirkung (namentlich in Waldboden) so stellen, dass in der Regel Phosphorsäure, Kali und Ammoniak festgehalten werden, während andere Säuren, sowie Natron, Kalk und auch Magnesia weggeführt werden.

Die Absorptionswirkung wird in erster Linie durch die im Boden vorhandenen wasserhaltigen Silikate, also zeolitische Körper bewirkt. Für diese kann als Gesetz aufgestellt werden, dass die Absorption durch chemischen Austausch geschieht; d. h. an Stelle des absorbierten Stoffes geht eine dem Aequivalentverhältnisse entsprechende Menge eines anderen Elementes in Lösung.

In der Natur wird dies zumeist in der Weise geschehen, dass Natrium und Calcium verdrängt werden. Bringt man Chlorkalium mit Boden in Berührung, so wird ein Teil des Kaliums absorbiert und eine entsprechende Menge von Chlornatrium und Chlorcalcium gebildet und in Lösung übergeführt.

Von Eisenoxyd und Thonerde findet sich nur das erstere im freien Zustande in grösserer Menge. Es kann für manche Fälle von Bedeutung werden. So wird z. B. kieselsaures Kalium vollständig von Eisenoxyd aufgenommen, indem sich ein Doppelsilikat von Eisenoxyd und Kali bildet. Ausserdem bindet das Eisen noch die Phosphorsäure sehr stark. Die freie Thonerde kann ganz ähnliche Wirkungen ausüben, ist jedoch nur selten mehr als in Spuren im Boden vorhanden. Die Bedeutung der Thonerde liegt in ihrer Neigung, mit anderen Elementen Doppelsilikate zu bilden, die dann den Umsetzungen leicht zugängig sind.

Die humosen Stoffe haben nur geringe Absorptionswirkungen. Nach den vorliegenden Untersuchungen (vergl. namentlich König, Landwirtsch. Jahrbücher 1882. S. 1) werden nur Kali und Ammoniak im ungebundenen Zustande festgehalten. Beide bewirken eine Quellung der humosen Stoffe. Ob dabei eine chemische Wirkung eintritt, ist zweifelhaft, vielleicht liegt ein Fall einer physikalischen Absorption vor. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass auch die humosen Stoffe unter geeigneten Umständen unlösliche Verbindungen zu bilden vermögen. Manche Tatsachen sprechen wenigstens dafür, soweit es sich zunächst um Kalk und Magnesia, vielleicht auch um Eisenoxyd und Thonerde handelt. Bei der gegenwärtigen ungenügenden Kenntnis der Humuskörper ist es jedoch schwierig, ein Urteil zu fällen.

Zu bemerken ist noch, dass die andern seltener vorkommenden Elemente sich in bezug auf Absorptionswirkungen ganz ähnlich verhalten, wie die besprochenen. Der Boden besitzt durchaus kein Wahlvermögen, wie man dies wohl früher glaubte, sondern viele Metalle, die als Pflanzengifte wirken (Blei, Kupfer u. and.) werden ebenfalls energisch festgehalten.

§ 11. 3) Die Auswaschung der Böden. Die Wirkung des Wassers ergiebt sich aus dem vorhergehenden. Das Wasser wirkt der Absorption entgegen. Wenn auch nur mit schwacher chemischer Energie begabt, macht es sich doch dadurch bemerkbar, dass es der am reichlichsten vorhandene Körper ist. Je reicher ein Boden an absorbierten Stoffen, um so stärker ist die lösende Kraft des Wassers.

Gleichzeitig erklärt die Massenwirkung des Wassers auch die Tatsache, dass dem Boden durch längere Zeit fortgesetztes Auswaschen der grösste Teil der absorbierten Stoffe wieder entzogen werden kann.

In der Natur kommt das Regen- und Schneewasser nahezu im reinen Zustande mit dem Boden in Berührung. Die geringen Mengen von Kohlensäure, welche es enthält, steigern seine lösende Wirkung. Das Wasser wird sich daher möglichst rasch mit Salzen beladen und so eine allmähliche Auswaschung des Bodens herbeiführen. Der reichliche Gehalt der Quellwässer an Salzen, namentlich an Kalksalzen, zeigt diese lösende und auswaschende Wirkung des Wassers hinreichend. Jeder Boden, dem nicht durch Verwitterung, Streuabfall oder Düngung neue Mineralstoffe zugeführt werden, muss daher allmählich an allen den Stoffen verarmen, welche in Wasser auflöslich sind.

Die Auswaschung trifft dabei nicht alle Bodenschichten gleichmässig, sondern schreitet allmählich von der Oberfläche nach der Tiefe fort. Das Wasser löst Salze in den obersten Lagen und trifft die tiefer liegenden als nahezu gesättigte Lösung; es vermag dann nur noch wenig Salze aufzunehmen. Hierauf ist es zurückzuführen, dass in armen, namentlich sandigen Bodenarten fast völlig ausgewaschene Schichten in

scharfer Linie von den darunter lagernden reicheren sich absetzen.

Die Bedeutung der Auswaschung im Boden hat man lange Zeit unterschätzt. Man glaubte in den Absorptionswirkungen einen sicheren Schutz dagegen zu haben. Tatsächlich sind die Verhältnisse jedoch ganz andere. Die lösende Wirkung des Wassers und die Wegfuhr der Salze kann nicht nur die Bodenarten stark verarmen lassen, sondern sie prägt ganzen Zonen ihren Bodencharakter auf.

Vielfacher Rückgang der Waldungen auf armen Sandböden lässt sich nur als Verarmung durch Auswaschung erklären. Die Untersuchung berechter Sandböden zeigt, dass durch Auswaschung viel mehr Nährstoffe weggeführt werden, als durch Streuentnahme.

Am stärksten wirksam sind mit Humussäuren beladene Gewässer, welche den Boden oft bis in erhebliche Tiefen an löslichen Stoffen erschöpfen.

Durch Wegfuhr der löslichen Salze wird die physikalische Struktur der Böden geändert, vorhandene Krümelstruktur zerstört und werden die Bodenkörner dicht zusammengelagert.

Auswaschung der Böden erfolgt um so stärker und tiefgehender, je höher die Korngrösse ist, also in Sandböden mehr als in Lehmböden. In sehr feinkörnigen Bodenarten wird die Auswaschung überhaupt gering, ist aber in niederschlagreichen Gebieten immer nachweisbar.

Der Auswaschung unterliegen zunächst die leichtlöslichen Salze, Chloride und Karbonate der Alkalien, Sulfate der Magnesia; dann folgt Calciumsulfat (Gips) und kohlensaurer Kalk. Durch humussaure Wässer werden auch die Eisenverbindungen weggeführt.

III. Der Transport der Verwitterungsprodukte.

Die aus der Verwitterung der Gesteine hervorgehenden Produkte verbleiben nur zum kleinsten Teil dauernd auf dem Orte ihrer Entstehung, während die Hauptmassen durch ihre eigene Schwere, namentlich aber durch die mechanische Tätigkeit des fliessenden Wassers und des Windes fortgeführt werden und an anderen Stellen zur Ablagerung kommen.

Nur in ebener oder schwach geneigter Lage können sich mächtigere Schichten der ursprünglichen Verwitterungsreste halten; ferner geschieht dies, wenn die Verwitterung rasch fortschreitet und namentlich, wenn einzelne Teile des Gesteins noch einen festeren Zusammenhang zeigen, während die Hauptmasse bereits zersetzt ist. So sind die Basaltwacken z. T. aus der Verwitterung der Basalte hervorgegangene feinerdige Massen, die noch Krystalle von Hornblende und Augit, sowie unzersetzte Basaltreste einschliessen.

Die Umlagerung vorhandener Verwitterungsprodukte erfolgt durch ihre eigene Schwere, indem die ihres Zusammenhanges beraubten Gesteinsbruchstücke an Gehängen hinabgleiten (trockener Abtrag), durch Wasser in flüssiger oder fester Form (Gletscher) und endlich, wenn auch in beschränkterem Masse, durch die Tätigkeit des Windes (Dünen, Flugsandbildungen).

§ 12. 1) Der trockene Abtrag (Heim, Verwitterung im Gebirge. Basel 1879. v. Liburnau, Grund und Boden. Wien 1883) findet dem vorausgeschickten entsprechend im Gebirge oder an stärker geneigten Hängen statt. Natürlich wirkt auch hierbei Regenwasser mit und beschleunigt die Abfuhr der Bruchstücke, aber doch nicht in dem Masse, dass darüber der Charakter der Ablagerung verloren ginge.

Im Gebirge bildet der trockene Abtrag die Schuttkegel und Schutthalden, denen man als dritte Form noch den Gehängeschutt anreihen kann.

Schuttkegel bilden sich, wenn die Gesteinsbruchstücke aus einer Schlucht (Riese) in das Tal hinabgleiten; sie häufen sich zu kegelförmigen Massen an, welche sich an die Bergwand anlehnen. Schutthalden entstehen dagegen, wenn der Abtrag gleichmässig an einem Gehänge stattfindet. Als Gehängeschutt bezeichnet man Anhäufungen, die nicht bis ins Tal hinabgeführt, sondern durch Unebenheiten der Bergwand (Klippen, Querrinnen u. s. w.) festgehalten werden.

Alle diese Ablagerungen haben einen bestimmten, nach Grösse der Bruchstücke und der Beschaffenheit derselben verschiedenen Neigungswinkel. In der Regel beträgt derselbe 20—30°. Hierdurch unterscheiden sie sich von den Massen, welche durch Wildbäche zusammengeschwemmt werden, die meist einen kleineren (in der Regel 3—10°) Neigungswinkel haben.

Zu den Erscheinungen des trockenen Abtrages sind noch die Bergstürze, Abrutschungen zu rechnen. Diese entstehen durch Abbruch zu steiler Felsen. sowie wenn einzelne, namentlich thonreiche, Schichten bei starker Wasserzufuhr ihren inneren Zusammenhang verlieren und ein Herabgleiten der darüber lagernden Gesteinsmasse ermöglichen.

Bergstürze kommen überwiegend im Hochgebirge vor, namentlich in den Alpen sind sie gefürchtet (kleinere Stürze werden dort als trockene Stein- oder Erdmuhren bezeichnet), aber auch im Flachlande sind an Talgehängen Abrutschmassen nichts Seltenes. Die Aufnahmen der preussischen geologischen Landesanstalt im Flachlande haben daher einen besonderen Farbenthon für Abrutsch- und Abschlämmmassen.

§ 13. 2) Der Abtrag durch Wasser[2]) ist weitaus der bedeutendste in der Natur auf den Transport der Verwitterungsreste einwirkende Faktor. Zur Jetztzeit überwiegt die Wirkung des flüssigen Wassers, während in der Diluvialzeit für die gemässigten Klimate die Wirkung der Gletscher derselben ebenbürtig, wenn nicht überlegen war.

Das flüssige Wasser wirkt namentlich nach drei Richtungen ein, die als Erosion, Geschiebeabfuhr und Geschiebeablagerung bezeichnet werden können, wenngleich alle drei Erscheinungen nebeneinander hergehen und meistens gleichzeitig zur Wirkung gelangen. Erosion findet dann statt, wenn die Strömung stark genug ist, um Teile der umgebenden Gesteine abzubrechen und mit hinwegzuführen. Je nach der Beschaffenheit der Schichten, ob diese aus festem, hartem Gestein oder aus leicht beweglichen Ablagerungen bestehen, wird die Wirkung der Erosion sehr verschieden stark ausfallen. Zu beachten ist auch die abschleifende Wirkung der am Grunde der Flüsse befindlichen Gerölle, die bei ihrer Fortbewegung das Flussbett vertiefen bez. verbreitern müssen.

Die Geschiebeabfuhr und Ablagerung ist ebenfalls von der lebendigen Kraft des fliessenden Wassers abhängig, welche wiederum je nach der Neigung der Ebene und der vorhandenen Wassermasse sehr verschieden stark sein kann.

In den das ganze Jahr hindurch fliessenden Gewässern können grössere Geschiebe wälzend fortbewegt werden, solche von mittlerer Grösse werden am Grunde fortgeschoben, wobei die einzelnen Stücke gleichzeitig im Kreise gedreht werden und durch gegenseitige Abreibung die für Flussgerölle charakteristischen flach-rundlichen Formen annehmen. Durch die Reibung erfolgt gleichzeitig eine Abnahme der einzelnen Stücke an Masse, so dass sich im Oberlauf der Bäche und Flüsse grössere, im

---

2) Eine vorzügliche und eingehende Darstellung der betr. Verhältnisse bietet Lorenz v. Liburnau, Grund und Boden. Wien 1883. Nähere Literaturangaben in: Handbuch d. Ingenieurwissenschaften, 3. Bd. Wasserbau, in 3 Abtlg. Leipzig. Wang, Gesetze der Bewegung des Wassers. Wien 1899.

Mittellauf kleinere Geschiebe finden, während in einem Unterlauf mit wenig Gefälle nur noch die feinst verteilten Schlick- und Thonteilchen fortbewegt werden. Dieser Vorgang wird als „Einzeltransport“ bezeichnet.

Für Gesteinsbruchstücke kleiner Grösse, die als Sand bezeichnet werden, ist die Entstehung wahrscheinlich direkt aus dem Zerfall der Gesteine anzunehmen. Durch Reibung grösserer Bruchstücke wird zumeist Thon und nur wenig Sand gebildet. Ferner macht es die scharfeckige Beschaffenheit vieler Sandkörner sehr wahrscheinlich, dass eine Reibung nicht oder nur in sehr geringem Masse bei dem Transport erfolgt ist.

Die Abfuhr der Geschiebe aller Grössen ist also abhängig von der lebendigen Kraft des Wassers, jede Abnahme derselben wird einzelne Teile der Geschiebe zur Ablagerung bringen. Die Verhältnisse, welche hierbei hauptsächlich wirken, sind folgende:

a) Das Gefäll vermindert sich für die ganze Wassermasse. Es findet dies namentlich statt, wenn ein Gebirgsfluss in die Ebene, ein Bach aus einem engen Seitental in ein breiteres Haupttal eintritt oder sich Gewässer in einen See ergiessen. Es bilden sich dann meist sanft geneigte und oft fächerartig ausgebreitete Schuttkegel.

b) Das Gerinne eines fliessenden Wassers breitet sich an einer Seite bedeutend aus. Die Reibung des Wassers am Grunde ist dann so erheblich, dass auf den flacheren Stellen Ablagerung von Geschieben erfolgt.

c) In Krümmungen der Flüsse ist die Geschwindigkeit des Wassers an der Seite des Ufers, wo dieses konvex vorspringt, kleiner als an der entgegengesetzten Seite. Es erfolgt eine Ablagerung von Sinkstoffen. Bei einem im Serpentinen fliessenden Gewässer finden sich so Anlandungen abwechselnd auf der rechten und linken Seite desselben.

d) Durch Rückstau, der durch plötzliche Verengung der Flussbetten oder durch vorliegende grössere feste Gegenstände veranlasst sein kann.

e) Durch Auftreten mehrerer Stromrichtungen (Scharung), die bei ihrem Zusammentreffen Ablagerungen hervorbringen können, sowie an den Mündungen von Nebenflüssen in die Hauptflüsse. Namentlich bilden sich dann quer vor der Mündung Ablagerungen (Barren).

f) Bei Mündung eines Flusses in ein stehendes Gewässer, bez. in die Meere. Flüsse, welche noch grössere Geschiebe führen, bilden Barren, während solche, die nur fein verteilte Sinkstoffe enthalten, diese nur an ihren Mündungen zur Ablagerung bringen, wenn die Bewegung der Meere eine geringe ist (Deltabildung). Ist die Ebbe und Flutbewegung (die Tiden oder Gezeiten) jedoch stark, so wird der Flussschlamm in das Meer hinausgeführt und kommt erst nach einiger Zeit an ruhigeren Stellen zur Ablagerung. Die Marschen der Weser, Elbe sind so entstanden.

g) Bei Hochwasser ist die lebendige Kraft des Wassers gesteigert und die Geschiebeabfuhr vergrössert. Fällt das Wasser, so vermag es die gröberen Massen nicht mehr fortzuführen, diese lagern sich ab und überdecken oft in grosser Mächtigkeit fruchtbare Bodenflächen. Den strömenden Wässern setzen solche Geschiebebänke Widerstand entgegen und veranlassen dadurch vielfach lokale Stromrichtungen, welche den Boden zerreissen und fortführen. Hierin ist es begründet, dass erfahrungsmässig die schwersten Beschädigungen erst beim Ablauf der Hochwässer eintreten.

Die Ausdehnung der durch Ablagerung aus fliessenden oder in stehenden Gewässern entstandenen Bodenschichten ist sehr bedeutend. Weitaus der grösste Teil der alluvialen und diluvialen Bildungen gehört denselben an. Noch bedeutender werden diese Ablagerungen und bilden die Hauptmasse der Erdoberfläche, wenn jene hinzugerechnet werden, die ursprünglich ebenfalls aus Sinkstoffen hervorgegangen, aber später zu festen Gesteinen verkittet sind, wie Sandsteine, Thonschiefer u. a.

Abweichend vom normalen Geschiebetransport, welche zur Sonderung der bewegten

Teile nach Grösse und Schwere führt, daher auch als „Materialausscheidung" bezeichnet wird, gestaltet sich der Massentransport, den die Wildbäche in charakteristischer Ausbildung zeigen.

In der trocknen Jahreszeit führen die Wildbäche nur wenig Wasser oder trocknen völlig aus. Bei starker Wasserabfuhr (Gewitter, Schneeschmelze) schwellen solche Bäche oft plötzlich an und führen ungeheure Schuttmassen aus den höheren Berglagen in die Täler, wo sie sich in der Regel an der Mündung der Nebentäler im Haupttal ablagern.

Solche „Muhrgänge" enthalten oft relativ wenig Wasser, bilden ein breiartiges Gemisch von Erdteilen und sind infolge des hohen spezifischen Gewichtes der Gesamtmasse sehr tragfähig, vermögen daher grosse Steine zu bewegen. Einmal in Bewegung gesetzt eilen die Steine, als reicher an lebendiger Kraft, den kleineren Gemengteilen voran und werden zuweilen weiter geführt als jene.

Die Ablagerungen der Muhren sind Gemische aller Korngrössen. Sehr häufig ergiessen sie sich in das Bett der Talflüsse, stauen diese auf und führen zu Ueberschwemmungen, oft auch zu dauernden Versumpfungen. Man kann drei Hauptformen der Ablagerung unterscheiden.

a) Mit eckigen und schieferigen Bruchstücken. Sie lagern sich wenig dicht zusammen, lassen Wasser leicht durchsickern und werden relativ leicht weiter geführt.

b) Mit gerundeten Geschieben; sie lagern sich dichter zusammen, lassen Wasser schwieriger hindurch und sind weniger transportfähig.

c) Ueberwiegend feinkörniges, namentlich lehmiges Material; einmal abgelagert fast undurchlässig für Wasser, setzt es dem Weitertransport zunächst grossen Widerstand entgegen und bildet, wenn in Bewegung, mächtige Schlammmassen.

Die Tätigkeit des Meeres ist eine mehr zerstörende als aufbauende. Ueberall greifen die Meereswogen die Küsten an, allerdings sehr verschieden nach der Stärke der Wellenbewegung und der Widerstandsfähigkeit der Gesteine. Anderseits ist die Anschwemmung von festen Teilen an manchen Küsten (z. B. der Ostsee) nicht unbedeutend und giebt zur Bildung von Sandmassen Veranlassung, die vom Winde zusammengetrieben als Dünen die Küsten vielfach umsäumen.

Die Tätigkeit des Eises bei dem Abtrag der festen Bestandteile ist namentlich durch den Geschiebetransport der Gletscher bedingt, ganz zurück tritt die Wirkung der Eisschollen, obgleich auch diese grosse Blöcke und feinere Bruchstücke von Gesteinen tragen, bei der Zertrümmerung der geschlossenen Eisdecke wegführen und an anderen Punkten zur Ablagerung bringen können.

Die Bildung von Gletschern findet z. Z. im Gebirge an einzelnen Stellen, den Firnmulden statt, in denen grössere Schneemassen sich ansammeln. Der Schnee schmilzt in den wärmeren Jahreszeiten oder bei Sonnbestrahlung teilweise und wird so in eine feinkörnige Masse, den Firn, umgewandelt. Durch Zusammenbacken der einzelnen Firnkörner geht dieser in das zusammenhängende Gletschereis über. Das Eis hat die Eigenschaft, nicht vollständig spröde zu sein, sondern ähnlich einer pechartigen Masse unter dem Einfluss der eigenen Schwere langsam zu fliessen. Die Gletscher bilden so Eisströme von verschiedener Mächtigkeit, die dauernd aus den höher gelegenen Gebieten, in denen die Abschmelzung hinter der Zufuhr von Schnee zurückbleibt, gespeist werden. Die Bewegung der einzelnen Eisteile im Gletscher ist dabei eine sehr komplizierte.

Von den die Gletscher umgebenden Hängen fallen Bruchstücke des Gesteines herab und werden durch die Bewegung des Gletschers talabwärts geführt. Es bilden sich an beiden Rändern des Gletschers Streifen von grossen und kleinen Geschieben,

die Moränen (Seitenmoränen). Am vorderen Rande des Gletschers, an dem die Abschmelzung erfolgt, häufen sich die zugeführten Gerölle zusammen und bilden die Endmoräne. Ein Teil der Gesteinsbruchstücke wird dabei völlig vom Eis umschlossen und durch Reibung an einander und am Eis, sowie an den festen Gesteinswänden allmählich in einen feinen Schlamm zerrieben, der sich namentlich unterhalb der Gletscher regellos untermischt mit feineren oder gröberen Geschieben als Grundmoräne ansammelt.

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse in den Polarländern. Die Eisansammlung ist dort eine so grosse, dass mächtige Flächen vollkommen von einer zusammenhängenden Eismasse, dem „Inlandeis“ überdeckt sind. Solches Inlandeis hat keine Oberflächen-Moränen, sondern nur eine Grundmoräne.

In der Diluvialzeit war die Ausdehnung der Gletscher eine ausserordentlich grosse. In den Alpen überdeckten sie den ganzen Kern des Gebirges und drangen weit in die vorliegenden Hochebenen und in den Tälern vor.

Noch grossartiger war die diluviale Ausbreitung eines gewaltigen Inlandeises, welches von dem skandinavischen Norden ausging und sich über ganz Norddeutschland und einen grossen Teil des nördlichen und mittleren Russlandes erstreckte. Alle Diluvialbildungen des nordischen Flachlandes sind Ablagerungen, deren Transport durch Eis erfolgte und in den Diluvialmergeln ist noch die Grundmoräne des Inlandeises erhalten. (Vergl. Penck, Vergletscherung der deutschen Alpen. Leipzig b. Engelmann. Die übrige Literatur ist sehr zerstreut, namentlich jedoch in der Zeitschr. der deutschen geologischen Gesellschaft und den Veröffentlichungen der geologischen Landesanstalt von Preussen, sowie von Schweden enthalten.)

§ 14. 3) Abtrag durch die Luftbewegung (Wind). Die Wegführung und Zufuhr von festen Bestandteilen durch Windbewegung beschränkt sich naturgemäss auf Bodenbestandteile geringer Korngrössen. In den gemässigten Klimaten macht sie sich namentlich bei dem Aufbau und dem Wandern der Dünen sowie in den Flugsandgebieten bemerkbar.

Ausserdem kommen hier die Ablagerungen der vulkanischen Sande und Aschen, sowie des Löss und der Schwarzerde in Frage.

In früheren Zeitperioden ist in unseren Gebieten zweifellos Windtransport und Dünenbildung viel grossartiger gewesen als zur Jetztzeit. Zahllose Dünenreihen durchziehen das nordische Flachland.

Dünen, die unbewachsen sind, unterliegen noch dauernder Umgestaltung. Sie bilden Hügelreihen sehr gleichkörniger Sande, die senkrecht zur herrschenden Windrichtung stehen. Der Zusammenhalt der einzelnen Körner ist sehr lose, der Wind reisst mit Leichtigkeit einen Teil der Körner ab, führt diese über die Dünenköpfe hinweg und bringt sie auf der entgegengesetzten Seite der Düne zur Ablagerung. Hierdurch erfolgt ein fortwährendes Weiterrücken der Düne, sie wandert. Das jährliche Weiterrücken der Dünen ist sehr verschieden und schwankt zwischen 1—6 m. Die Bildung der Wanderdünen ist auf die Wüsten und das Seeufer beschränkt, an dem fortwährend Sandmassen ausgeworfen werden und so immer neues Material zugeführt wird.

Die Bindung der Dünen ist von grosser wirtschaftlicher Wichtigkeit und bietet viele Schwierigkeiten. Namentlich sind dabei einzelne Pflanzenarten, welche eine Ueberwehung mit Sand gut ertragen, ja sie sogar zum dauernden Gedeihen erfordern, von Wichtigkeit. Darunter in erster Linie Elymus arenarius und Ammophila oder Arundo arenaria.

(Eingehende Angaben über Dünen finden sich in Berendt, Geologie des kurischen Haffes; Sokolow, Dünen; Gerhardt, Dünenbau.)

IV. Die wichtigsten Mineralarten und Gesteine.

I. Die wichtigsten Mineralarten.

Zirkel-Naumann, Elemente der Mineralogie. Leipzig. Roth, Chemische Geologie. Berlin 1879.

§ 15. 1) Allgemeines. An der Zusammensetzung des Bodens beteiligen sich in erheblichem Masse nur wenige Verbindungen. Der überwiegende Teil derselben besteht aus Sauerstoffsalzen, seltener und im Boden in kleinen Mengen finden sich Schwefelverbindungen (FeS_2) und Chloride ($NaCl$; KCl); etwas reichlicher Oxyde (Fe_2O_3; MnO_2).

Die Salze bestehen zumeist aus Silikaten, häufig in Verbindung mit Wasser, sodann aus Karbonaten ($CaCO_3$; $MgCO_3$) und Sulfaten ($CaSO_4$; Gips), nur sparsam kommen Phosphate (Apatit) vor, gewinnen aber bei ihrer Bedeutung für das Pflanzenleben hohe Wichtigkeit.

Die Analysen führen die Bestandteile des Bodens zumeist als Oxyde und als Säureanhydride auf. Wenn dies auch nicht mehr den theoretischen Anschauungen der heutigen Chemie entspricht, bietet diese Methode doch so viele praktische Vorteile, lässt die Zusammensetzung eines Körpers so scharf hervortreten und ist so allgemein eingebürgert, dass kein Grund vorliegt, davon abzugehen.

Die wichtigsten im Boden vorkommenden derartigen Bestandteile sind:

Kieselsäure (SiO_2); Kohlensäure (CO_2); Schwefelsäure (SO_3).
Phosphorsäure (P_2O_5).
Wasser (H_2O).
Kali (K_2O); Natron (Na_2O)
Kalk (CaO); Magnesia (MgO); Eisenoxydul (FeO); Manganoxydul (MnO).
Eisenoxyd (Fe_2O_3); Thonerde (Al_2O_3); Mangandioxyd (MnO_2)[3].

Entsprechend dieser geringen Anzahl von Elementen sind es auch nur eine mässige Anzahl von Mineralarten, welche die Gesteine zusammensetzen und durch Verwitterung den Boden bilden.

In erster Linie stehen hier die Silikate, in zweiter die Karbonate, während die Sulfate nur auf verhältnismässig kleine Räume beschränkt sind.

Das Wasser, beziehentlich der Wasserstoff, ist in zwei Formen in den Gesteinen vertreten. In den meisten Fällen findet es sich molekular mit den Stoffen verbunden; so sind viele Verwitterungsprodukte, wie die wasserhaltigen Silikate, Verbindungen eines Salzes mit Wasser. Durch einfaches Erhitzen geht dieses letztere in der Regel bald verloren (z. B. Gips $CaSO_4 + 2H_2O$ giebt beim Glühen $CaSO_4$ und 2 Mol. H_2O).

Ganz anders ist das Verhältnis solcher Körper, in denen der Wasserstoff an dem inneren Aufbau des Moleküls teilnimmt und die in der Regel den Wasserstoff erst bei höherer Temperatur und dauerndem Glühen (z. B. Glimmer, Turmalin) verlieren. Häufig bietet es grosse Schwierigkeiten, die Art der Bindung festzustellen, für viele Fälle ist die Frage überhaupt noch eine offene, sie ist aber für die theoretische Erkenntnis von Wichtigkeit.

Um die Gruppe der Silikate leichter ordnen zu können, benutzt man Bezeichnungen, die ebenfalls der früher üblichen Anschauungsweise über die Zusammensetzung der chemischen Verbindungen entsprechen und ihrer Uebersichtlichkeit wegen auch jetzt

---

3) Die Manganverbindungen werden in den Analysen zumeist als Mn_3O_4, als Manganoxyduloxyd eingestellt; da sie zumeist nur in kleinen Mengen vorkommen, so ist der dadurch hervorgebrachte Fehler nur gering.

noch beibehalten werden. Denkt man sich z. B. ein Magnesiumsilikat Mg_2SiO_4 (den Olivin) nach alter Weise in Magnesia und Kieselsäureanhydrid zerlegt, so erhält man

$$Mg_2SiO_4 = Mg_2O_2 + SiO_2.$$

Das Verhältnis des an das Metall gebundenen Sauerstoffes zu dem an das Silicium gebundenen Sauerstoff ist also wie 1 : 1; eine solche Verbindung bezeichnet man daher als Singulosilikat.

Von anderen kieselsauren Salzen finden sich noch häufig Bisilikate, nach der allgemeinen Formel R_2SiO_3 zusammengesetzt[4] ($R_2O + SiO_2$; Sauerstoffverhältnis = 1 : 2) und Zweidrittel-Silikate nach der allgemeinen Formel R_6SiO_5 zusammengesetzt (also $R_6O_3 + SiO_2$; Sauerstoffverhältnis = 3 : 2, daher $\frac{2}{3}$ Silikate). Als Doppelsilikate werden endlich Verbindungen bezeichnet, die mehrere ungleichwertige Elemente enthalten, namentlich solche, die neben Thonerde oder Eisenoxyd noch Alkalien oder alkalische Erden als Bestandteile führen. Die wichtigsten und verbreitetsten Mineralien sind derartige Doppelsilikate.

Einzelne Mineralarten, wie Hornblende und Augit, sind in ihren reinsten Formen völlig frei von Thonerde oder Eisenoxyd, während die gewöhnlich vorkommenden Arten reichliche Mengen derselben enthalten.

Die für die Bodenkunde wichtigen Mineralien sind Kieselsäure und ihre Salze, Karbonate, Sulfate, während Halogenverbindungen und Phosphate zurücktreten.

§ 16. 2) Kieselsäure und Silikate. Quarz und Opal. Die Kieselsäure findet sich verbreitet in zwei Formen. Einmal krystallisiert als Quarz (Tridymit, eine andere Form der Kieselsäure, hexagonal, spez. G. 2.312 ist seltener) und amorph als Opal.

Der Quarz findet sich in grösseren oft verschieden gefärbten Krystallen, die eine ganze Anzahl von Abarten bedingen und im dichten Zustande als Chalcedon, Feuerstein, Hornstein, Jaspis, Quarzit. Der Quarz ist krystallisierte Kieselsäure, SiO_2; die unreineren Abarten enthalten wechselnde Mengen von Eisenoxyd, Thonerde u. dergl. beigemischt.

Verwitterung. Der Quarz verwittert sehr schwer, da er durch Wasser und Kohlensäure keine Umänderungen erfährt und in diesen Stoffen sogut wie unlöslich ist; trotzdem kommen zerfressene Quarze vor, deren Ursprung man von der Einwirkung von Lösungsmitteln herleitet. Die Quarze zerfallen in der Natur zumeist nur durch mechanische Einwirkung in kleinere scharfeckige Bruchstücke. Die vielfach vorhandenen Einschlüsse von Flüssigkeit, Gesteinsbruchstücken, Hineinragungen von Teilen der Grundmasse der Gesteine begünstigen das Zerfallen erheblich. Die Bruchstücke bleiben dann in eckigem scharfkantigem Zustande erhalten oder werden bei mechanischer Fortbewegung durch Reibung aneinander gerundet.

Die Verwitterung der Quarzite, Chalcedone etc. ist vom Gehalt der beigemischten anderen Substanzen abhängig und dadurch sehr verschieden. Feuersteine überziehen sich zunächst mit einer weissen Kruste, die ärmer an Kieselsäure, dagegen etwas reicher an Wasser, Thonerde und Alkalien ist.

Für Salzlösungen ist der Quarz nicht unangreifbar. Man kennt Pseudomorphosen nach Quarz von Kalkspat, Roteisen, Speckstein, Chlorit.

Bildung. Quarz ist wiederholt künstlich dargestellt worden. Er bildet ein Hauptgemengteil sehr vieler Gesteine, in denen er, wie in vielen Porphyren, nur aus feurigem Fluss abgeschieden sein kann; vielfach ist jedoch die Entstehung aus Lösungen zweifellos, so in Erzgängen, Chalcedonkugeln, im Innern von Versteinerungen. Die

4) R = einem einwertigen Metall.

dichten Formen sind wohl alle auf Abscheidungen aus Lösungen zurückzuführen. Bei der Verwitterung bilden sich vielfach Lösungen von Kieselsäure und kieselsauren Alkalien, aus denen sowohl amorpher Opal als auch die krystallisierten Formen, namentlich Chalcedon, hervorgehen. Der letztere scheidet sich namentlich in den Hohlräumen vulkanischer Gesteine ab, die oft lagenweise verschieden gefärbten Chalcedon enthalten. In der Mitte von Chalcedonmandeln findet sich nicht selten krystallisierter Quarz, dessen Entstehung auf die langsamere Zufuhr und Verdunstung von kieselsäurehaltigem Wasser zurückzuführen ist. In der ersten Zeit, wo die Bildung rascher voranging, entstand der versteckt krystallinische Chalcedon, später die grösseren Krystalle von Quarz.

Die Bildung von Quarz in den obersten Erdschichten, namentlich im Boden, ist behauptet, aber noch nicht genügend nachgewiesen worden. Theoretisch sind derartige Abscheidungen als durchaus möglich zu erklären, wenn auch die möglicherweise entstehende Quarzmenge zu gering ist, um eine grössere Bedeutung für die Bodenkunde beanspruchen zu können. (Vgl. auch Emeis, Waldbauliche Forschungen. Berlin.)

Opal, die amorphe wasserhaltige Form der Kieselsäure ist weniger verbreitet, sie findet sich namentlich in den Hohlräumen vulkanischer Gesteine. Ob der Boden amorphe Kieselsäure enthält, ist fraglich. Zurzeit giebt es kein chemisches Hilfsmittel, um dies feststellen zu können. Das Vorkommen der amorphen Kieselsäure im Boden würde zweifellos für die Absorptionswirkungen und chemischen Umsetzungen von grosser Bedeutung sein.

Silikate:

Olivin ist ein mehr oder weniger eisenhaltiges Magnesiumsilikat (Mg (Fe) SiO_4; FeO = 7—29%; MgO—43%; SiO_2 30—43%). Es findet sich in glasglänzenden, meist flaschengrünen Krystallen und Körnern in den kieselsäureärmeren Eruptiv-Gesteinen, namentlich im Basalt.

Die Verwitterung folgt im Olivin zuerst den zahlreichen Sprüngen und Haarspalten und besteht zumeist in einer Aufnahme von Wasser und Oxydation des vorhandenen Eisenoxyduls, die grünliche Färbung geht dabei in eine gelbliche bis braunrote über. Wie die Untersuchung im Dünnschliffe ergiebt, ist der Olivin eines der am leichtesten angreifbaren Mineralien. Zumeist geht aus dem Olivin ein wasserhaltiges Magnesiumsilikat, der Serpentin, hervor.

Bildung. Olivin findet sich als primärer Gemengteil eruptiver Gesteine. Durch Zusammenschmelzen der Bestandteile des Olivins mit einem Flussmittel gelingt es leicht, Olivinkrystalle zu erzeugen.

Serpentin meist aus Olivin durch Verwitterung hervorgegangenes, sekundäres Mineral. Wasserhaltiges Magnesiumsilikat (43—44% SiO_2; 43.8 MgO; 13% H_2O). Der Serpentin ist nur schwierig einer weiteren Verwitterung zugängig, indem Kieselsäure abgeschieden und Hydrate der Magnesia, sowie Magnesit ($MgCO_3$) gebildet wird.

Talk und Speckstein sind stets sekundäre, wasserhaltige Magnesiasilikate ($H_2Mg_3(SiO_3)_4$; 62% SiO_2; 33% MgO; 5% H_2O). Talk findet sich namentlich als Bestandteil krystallinischer Schiefer (Talkschiefer). Speckstein ist nur die versteckt-krystallinische Abänderung des Talkes.

Talk verwittert kaum, er zerfällt nur mechanisch. Die Entstehung des Talkes findet namentlich bei der Verwitterung der Hornblenden und Augite statt, doch können noch viele andere Mineralien zur Bildung Anlass geben.

§ 17. 3) Feldspate. Unter den gesteinbildenden Mineralien stehen die Feldspate in erster Reihe. Dieselben sind nach ihrer Krystallform in monokline (Orthoklase) und trikline (Plagioklase) zu trennen. Die ersteren sind namentlich Doppelsilikate der Thonerde und des Kaliums, während in den letzteren Natrium und

Kalk vorherrscht.

Orthoklas (Kalifeldspat) und Sanidin (K_2O = 16,9%; Al_2O_3 = 18,5%; SiO_2 = 64,6%); in der Regel ist etwas Eisen, Kalk und Natron vorhanden; Bestandteil vieler Gesteine, namentlich Granit, Gneis, Felsitporphyr, Trachyt, Syenit u. a. Orthoklas findet sich in Gesteinen eruptiver Entstehung, auf Gesteinsgängen u. s. w. Er ist daher ebensowohl ein Produkt wässeriger Absätze, wie er aus schmelzflüssigen Massen entstehen kann. Künstlich sind Feldspate auf dem letzteren Wege hergestellt worden.

Verwitterung. Bei der Bedeutung des Orthoklas für die Bodenbildung ist die Verwitterung desselben vielfach untersucht worden. Orthoklas ist unlöslich, wird dagegen schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Wasser, namentlich kohlensäurehaltiges Wasser unter Bildung von Alkalisilikat zersetzt; der Orthoklas verliert bei der Verwitterung seinen Glanz, er wird matt und sehr häufig rötlich oder bräunlich durch ausgeschiedenes Eisenoxyd gefärbt. Als Endprodukt der einfachen Verwitterung ist die Bildung von Kaolin, wasserhaltigem Thonerdesilikat Al_2O_3, $2SiO_2 + 2H_2O$, zu betrachten. Dieser Prozess lässt sich schematisch durch folgende Formel darstellen (Roth, chem. Geol. 1. p. 142):

106 Teile Orthoklas	= 16.88 K_2O	= 18.49 Al_2O_3	= 64.63 SiO_2	
verlieren	16.88 —	— —	43.05 „	+ 6.47 H_2O
es bilden sich 46.45 Tl. Kaolin	= — —	18.49 —	21.58	+ 6.47 H_2O

Durch die Umbildung in Kaolin wird also die Hälfte der Orthoklassubstanz weggeführt. Das entstehende Alkalisilikat giebt zu ferneren Zersetzungen im Boden Veranlassung. Es ist jedoch hervorzuheben, dass bei der Verwitterung des Orthoklases Zeolithe nur selten entstehen und daher in den an Orthoklas reichen Gesteinen meist fehlen.

Anders verläuft die Verwitterung des Orthoklas, wenn nicht reines oder kohlensäurehaltiges Wasser allein, sondern gleichzeitig verdünnte Salzlösungen einwirken. Der Orthoklas wandelt sich dann unter Ausscheidung von Kieselsäure und Alkalien, unter Aufnahme von Eisenoxydul in feinschuppigen Kaliglimmer, durch Zuführung von Eisen und Kalk in Epidot um. Im Dünnschliffe ist es nicht selten möglich, die drei Hauptbildungen, Kaolin, Glimmer und Epidot, neben einander in demselben Krystall zu beobachten. Dort lässt sich auch feststellen, dass die Verwitterung zumeist den Spaltungsflächen folgt. Während einzelne Teile des Krystalles noch klar und unverändert sind, sind andere schon vollkommen zersetzt.

Von den Feldspaten gilt der Orthoklas als der am schwierigsten angreifbare; obwohl nicht gerade selten die Plagioklase in Gesteinen noch frisch erscheinen, während die Zersetzung der Orthoklase weit vorgeschritten ist.

Plagioklase werden alle triklin krystallisierenden Feldspate genannt. Dieselben enthalten namentlich Kalk und Natron, obgleich man auch einen verbreiteten triklinen Kalifeldspat, den Mikroklin, kennt. Dieser tritt häufiger als Gesteinsgemengteil auf, ist mit dem Orthoklas gleichartig zusammengesetzt und scheint derselben Verwitterung wie dieser zu unterliegen.

Die zweite an Natron und Kalk reiche Plagioklasreihe wird als innige Verwachsung zweier selbständig nur selten auftretender Mineralien betrachtet. Albit (Natronfeldspat) ($Na_2Al_2Si_6O_{16}$ und Anorthit (Kalkfeldspat) $CaAl_2Si_2O_8$. Von den zahlreichen Mischungen dieser beiden Mineralien, die sich durch eine Verwachsung zahlreicher oft äusserst feiner Krystalllamellen auszeichnen (daher Zwillingsstreifung auf einzelnen [den basischen] Spaltflächen) hat man zwei vielfach vorkommende Abarten mit besonderen Namen belegt. Einmal den Natron-

kalkfeldspat oder Oligoklas und anderseits den Kalknatronfeldspat oder Labrador.

Die Zusammensetzung der letzteren liegt in der Mitte zwischen der beider Grundsubstanzen; im Labrador wiegt der Kalk, im Oligoklas das Natron vor. (Auch Kali fehlt selten gänzlich.)

Albit 11.82 NaO — 19.56 Al_2O_3 — 68.62 SiO_2
Anorthit 20.10 CaO — 36.82 Al_2O_3 — 43.08 SiO_2

Die Verwitterung der Plagioklase verläuft ähnlich wie bei dem Orthoklas, nur dass bei jenen an Stelle des Kali das Natron und der Kalk weggeführt werden und sich vielfach als kohlensaurer Kalk oder als Zeolithe abscheiden. Mit Ausnahme des Anorthit bilden auch die Plagioklase in der Regel Kaolin, können aber auch zur Entstehung von Glimmer und Epidot Veranlassung geben. Im allgemeinen verwittern die Plagioklase leichter als die Orthoklase.

§ 18. 4) Die Glimmergruppe. Neben den Feldspaten nehmen die Glimmer einen hervorragenden Platz unter den gesteinbildenden Mineralien ein. Man hat in neuerer Zeit die Glimmer, namentlich nach ihrem optischen Verhalten, in eine grössere Zahl von Arten zerlegt; für die Bodenkunde genügt es, an der alten Trennung in Kaliglimmer und Magnesiaglimmer festzuhalten; ersterer meist hell, oft silberweiss, letzterer dunkel gefärbt. Alle Glimmer zeichnen sich durch leichte Spaltbarkeit aus.

Kaliglimmer, ausgezeichnet spaltbar und dadurch in die dünnsten elastischen Blättchen zerlegbar. Chemisch ein sehr wechselnd zusammengesetzes Mineral SiO_2 = 46—50%; Al_2O_3 = 25—35%; K_2O = 8—10%; mit einem meist kleinen Gehalte an Eisen, namentlich Eisenoxyd (0.5—5%), sowie Fluor und Wasser (1—4%). Der Kaliglimmer ist ein Bestandteil der Granite, Gneise, vieler Glimmerschiefer u. s. w.

Verwitterung. Kaliglimmer wird durch die Verwitterung nur sehr schwer angegriffen. Er bildet durch mechanische Einwirkungen meist fein verteilte kleine Schuppen und Blättchen, die sich dem Boden beimischen und sich sehr lange unverändert erhalten (z. B. in den tertiären Glimmersanden).

Magnesiaglimmer, meist dunkel gefärbt, schwarz, grün oder grau, auch braun, in der Regel nicht so ausgezeichnet spaltbar wie der Kaliglimmer, von dem er sich durch seinen hohen Gehalt an Magnesia (10—30%) und an Eisenoxydul unterscheidet, neben denen er jedoch stets reichlich Kali (5—10%) enthält.

Verwitterung. Der Magnesiaglimmer verwittert viel leichter als der Kaliglimmer. Häufig sind die dunkeln Lamellen von einem hellgefärbten Rande umgeben, der durch Wegführung des Eisens und der Alkalien entstanden ist. Oft setzt sich auch Eisenoxyd zwischen den Glimmerblättchen ab und färbt diese rötlich. Der Boden, welcher sich aus Gesteinen bildet, die reich an Magnesiaglimmer sind, ist ein eisenreicher Thonboden und durch seine günstigeren Eigenschaften und seine Fruchtbarkeit von dem aus Kaliglimmer entstandenen unterschieden. Vielfach werden die Basen in Karbonate umgewandelt; anderseits treten Umbildungen der Magnesiaglimmer in Talk und Serpentin auf.

§ 19. 5) Hornblende und Augitgruppe. Diese Gruppe umfasst eine Anzahl von Mineralien, die rhombisch und monoklin, seltener triklin krystallisieren. Alle sind ähnlich zusammengesetzt und zeigen auch in bezug auf die vorkommenden Krystallformen bestimmte Beziehungen.

Für die Bodenkunde sind nur Hornblende und Augit von Bedeutung. Beide sind im reinsten Zustande ein Magnesiumbisilikat $MgSiO_3$, in welchem das Magnesium zum Teil durch Kalcium oder Eisen ersetzt ist. Die verbreitetsten Abarten enthalten

jedoch noch reichliche Mengen von Thonerde. Je nach dem Vorkommen derselben ist der Verlauf der Verwitterung ein verschiedener.

Die Hornblende (Amphibol) zeichnet sich durch gute Spaltbarkeit und glänzende Spaltungsflächen aus. Der Kieselsäuregehalt schwankt von 39—49%; Thonerde von 8—15%; ausserdem finden sich Alkalien (oft bis 3% Na_2O), sowie 10—12% Kalkerde.

Die Hornblende findet sich in vielen Gesteinen als wesentlicher Gemengteil, so im Syenit, Diorit, Hornblendeschiefer etc.

Die Verwitterung verläuft verschieden je nach dem Gehalt an Thonerde. Die selteneren thonerdefreien Formen werden in Talk, Serpentin und Chlorit umgewandelt. Die thonerdehaltigen verlieren zunächst Ca, Mg und Alkalien, nehmen dagegen Wasser auf und ergeben als Rückstand einen eisenreichen Thon, der vielfach noch ausgeschiedene Karbonate enthält. Ausserdem hat man bei der Hornblende noch Umbildung in eine feinfaserige Masse, Asbest, sowie in Glimmer, Epidot und Chlorit beobachtet.

Augit (Pyroxen) unterscheidet sich in Bruchstücken von der Hornblende durch die geringe Spaltbarkeit. Der Augit schliesst sich in seiner Zusammensetzung der Hornblende an, ist aber fast völlig frei von Alkalien; der Gehalt an Thonerde übersteigt selten 4—6%; Kalkerde ist reichlicher als bei den Hornblenden vorhanden (20—23%).

Der geringere Thonerdegehalt bewirkt der Hornblende gegenüber einen etwas abweichenden Verlauf der Verwitterung. Zumeist geht aus der Zersetzung der Augite eine zerreibliche, grüne Masse, Grünerde, hervor, von wechselnder Zusammensetzung, aber immer reich an Kieselsäure, während Magnesia und Kalk abgenommen haben und in vielen Fällen als Karbonate dem Gestein beigemengt sind. Bei noch weiter fortschreitender Verwitterung wird ein eisenreicher Thon, ganz ähnlich wie bei der Hornblende, gebildet.

§ 20. Leucit und andere Silikate. Leucit, ein Bestandteil einzelner basaltischen Gesteine, ist ein Doppelsilikat von Thonerde und Kali $K_2Al_2(SiO_3)_4$. Bei der Verwitterung wird eine weisse, thonige Masse, wahrscheinlich Kaolin, gebildet.

Nephelin ist verbreiteter als Leucit und als Bestandteil basaltischer Gesteine und des Phonolith von grösserer Bedeutung. Nephelin ist ein Doppelsilikat von Kali (wenig), Natron und Thonerde $R_6(Al_2)_3Si_7O_{26}$ (R_6 meist gleich 1 K und 5 Na). Bei der Verwitterung nimmt der Nephelin Wasser auf und bildet Zeolithe.

Epidot, ein wasserhaltiges kalkreiches Thonerde-Eisenoxyd-Silikat von grünlichen Färbungen, entsteht sehr häufig als sekundäres Produkt bei der Einwirkung kalk- und eisenreicher Gewässer auf Feldspate und andere thonerdehaltige Silikate. Epidot ist oft die Ursache der gelblich grünen Färbung von Gesteinen, namentlich von Felsitgesteinen, deren Grundmasse überwiegend in Epidot umgewandelt werden kann.

Granat umfasst eine Gruppe von Mineralien, die in der äusseren Krystallform übereinstimmen und als Gemische isomorpher Verbindungen zu betrachten sind. Die Granatmineralien sind nach der Formel $R^{II}_3R^{VI}Si_3O_{12}$ zusammengesetzt; $R^{II} = Ca$, Mg, Fe, Mn; $R^{VI} = Al_2O_3$, Fe_2O_3. Die Verwitterung und Umbildung der Granaten ist der Zusammensetzung entsprechend sehr mannigfach und auch vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, jedoch von geringem bodenkundlichem Interesse.

Turmalin (Schörl), von sehr mannigfacher Zusammensetzung (R^6SiO_5; R^I = H, K, Na, Li; R^{II} = Mg, Fe, Mn, Ca; $R^{VI} = Al_2O_3$; also isomorphe Mischungen von Zweidrittelsilikaten ein-, zwei- und mehrwertiger Elemente). Für die Bodenkunde hat nur die schwarze Abänderung des Turmalins, der Schörl, eine geringe Bedeutung.

Bei der Verwitterung wird er zumeist in Kaliglimmer umgewandelt, seltener in Chlorit oder Talk.

Chlorit umfasst eine Anzahl grün gefärbter, weit verbreiteter Mineralien, die in Härte und Spaltbarkeit zwischen Talk und Glimmer stehen und wasserhaltige Silikate von Magnesia, Eisen und Thonerde sind (25—32% SiO_2; 19—23 Al_2O_3; 15—29 FeO; 13—25 MgO; 9—12 H_2O). Die Chlorite sind immer als sekundäre Mineralien zu betrachten und die mit am häufigsten auftretenden Umbildungsprodukte der verwitternden Gesteine. Als Chloritschiefer bilden sie selbständig beträchtliche Gebirgsmassen. Als Produkt der Verwitterung unterliegt der Chlorit nur schwierig weiteren Umbildungen; erfolgen diese, so wird meistens Kieselsäure als Quarz oder Chalcedon abgeschieden, das Eisen in Eisenoxydulhydrat umgewandelt und die Magnesia in Karbonat übergeführt.

Zeolithe umfassen eine zahlreiche Reihe von Mineralien, die alle wasserhaltig sind und beim Erhitzen das Wasser unter Aufschäumen verlieren. Es sind Doppelsilikate von Kali, Natron, Kalk und Thonerde. (Die wenigen Thonerdefreien, sowie die Baryum enthaltenden Arten sind hier ohne Bedeutung.)

Die Zeolithe bilden sich zahlreich bei der Verwitterung Natron und Kalk haltender Mineralien und finden sich namentlich in den Klüften und Hohlräumen vulkanischer Gesteine, aber auch auf Erzgängen u. dergl. abgeschieden.

Viele Zeolithe verlieren leicht Wasser und zerfallen dann in ein feines Pulver; durch fortschreitende Verwitterung gehen aus denselben kaolinartige Erden hervor. Die Zeolithe wandeln sich bei Einwirkung gelöster Salze leicht um (indem sie andere Zeolithmineralien bilden) und sind so eins der beweglichsten und wichtigsten Elemente des Ackerbodens, da sich viele Absorptionserscheinungen mit Wahrscheinlichkeit auf die Gegenwart zeolithischer Körper im Boden zurückführen lassen.

Von der grossen Zahl der bekannten Zeolithe können hier nur einzelne Beispiele aufgeführt werden:

Mesotyp (Natrolith) $Na_2Al_2Si_3O_{10} + 2H_2O$; der verbreitetste Zeolith; gleichzeitig einer der am wenigsten Zersetzungen unterworfenen. In basaltischen und phonolithischen Gesteinen.

Harmotom $H_2(BaK_2)Al_2Si_6O_{15} + 4H_2O$ auf Erzgängen; im Basalt.

Analcim $Na_2Al_2Si_4O_{12} + 2H_2O$ in plutonischen Gesteinen.

Skolecit $CaAl_2Si_3O_{10} + 3H_2O$.

Phillipsit $Ca(K_2, Na_2)Al_2Si_4O_{12} + {}_4H_2O$.

Die Zeolithe finden sich häufig neben einander in denselben Gesteinen, deren Zersetzungsprodukte sie sind.

§ 21. Kaolin und Thonmineralien. Die Verwitterung der meisten thonerdehaltigen Mineralien ergiebt wasserhaltige kieselsaure Thonerde, als deren reinste Form man den Kaolin betrachten kann.

Kaolin ist versteckt krystallinisch, nicht amorph, wie man bei der hohen Plastizität vermuten sollte. Bei sehr starker Vergrösserung erkennt man, dass der Kaolin aus sehr feinen, meist sechsseitigen Lamellen besteht. Chemisch ist der Kaolin nach den besten vorliegenden Analysen als $H_2Al_2Hi_2O_8 + H_2O$ aufzufassen (46,40% SiO_2; 39,68 Al_2O_3; 13,92 H_2O). Die ältere Formel $Al_2Si_2O_7 + 2H_2O$ ist wohl weniger richtig, da ein Teil des Wassers erst bei stärkerem Glühen entweicht. Der Kaolin ist vor dem Lötrohre unschmelzbar; Salz- und Salpetersäure greifen ihn nicht an, Schwefelsäure zersetzt ihn. Von Kalilauge wird er aufgenommen.

Viele Versuche haben zu der Meinung geführt, dass der Kaolin etwas quellbar sei, also Wasser in sich aufzunehmen vermag, obgleich seine Unlöslichkeit und die

krystallinische Beschaffenheit dagegen sprechen.

Der Kaolin ist selten völlig rein, sondern noch mit Resten der ursprünglichen Mineralien, mit Quarzkörnern u. s. w. untermischt.

Viel mannigfaltiger sind die „Thonarten" zusammengesetzt; die Kenntnis der in denselben vorhandenen chemischen Verbindungen ist jedoch noch eine sehr lückenhafte. Die feine Verteilung der Thone und die Schwierigkeit, die einzelnen Verbindungen zu trennen, bedingt dies; die Gesamtanalyse der verschiedenen Thone ergiebt, da sie Mischungen sind, die allerverschiedensten Resultate. Für die Bodenkunde kommen neben den Thonen, welche dem Kaolin nahe stehen, namentlich noch die eisenreichen Thonarten in Betracht.

§ 22. Karbonate. Neben den Silikaten sind die wichtigsten und nächst jenen in grösster Ausdehnung vorkommenden Mineralarten die kohlensauren Salze des Calciums, Magnesiums und des Eisens.

Kohlensaurer Kalk findet sich in drei Formen, als Kalkspat, Aragonit und Kreide. Alle brausen mit Säuren übergossen lebhaft auf.

Kalkspat, hexagonal-rhomboëdrisch krystallisiertes Calciumkarbonat $CaCO_3$ (56% CaO; 44% CO_2); findet sich in zahlreichen Krystallformen weit verbreitet (Gängen, als Kalkstein und Marmor u. s. w.).

Aragonit, rhombisches Calciumkarbonat, weniger verbreitet als der Kalkspat.

Kreide, feinerdig, bildet ganze Gesteinsmassen.

Der kohlensaure Kalk wird bei der Verwitterung calciumhaltiger Gesteine häufig gebildet, findet sich daher auch vielfach in Gesteinen wie in verwittertem Basalt, Diabas etc. Der kohlensaure Kalk wird durch kohlensäurehaltige Gewässer als saurer kohlensaurer Kalk gelöst, ohne einen Rückstand zu hinterlassen, er ist daher einer Verwitterung im einfachen Sinne nicht zugängig. Grössere Kalkgesteine zerfallen jedoch in Stücke, da erfahrungsmässig einzelne Teile leichter angreifbar sind, und bilden zuletzt einen feinkörnigen Sand, den Kalksand. Als Rückstand von der Verwitterung der Kalksteine können daher nur die Beimengungen derselben zurückbleiben, die meist aus thonigen Stoffen bestehen, untermischt mit noch nicht gelösten Kalksteinresten. Dagegen ist der kohlensaure Kalk, zumal die verbreitetste Form, der Kalkspat, die Ursache vielfacher Umwandlungen und Abscheidungen gelöster Mineralstoffe. Namentlich Metalle vermag er zu fällen, indem die meist leichter löslichen Kalksalze weggeführt werden, während die Metallsalze oder deren Oxyde sich abscheiden. Es sind so Pseudomorphosen von Eisenoxyd (Roteisen und Brauneisen) und Mangansuperoxyd nach Kalkspat vielfach bekannt.

Dolomit. Kohlensaure Kalk-Magnesia $CaCO_3 + MgCO_3$ ist mit Kalkspat isomorph, in Krystallen meist als Grundrhomboëder.

Dolomit unterscheidet sich chemisch von Kalkspat durch geringere Angreifbarkeit; mit Säuren braust er nur gepulvert oder beim Erwärmen auf. Er unterliegt wie der Kalkspat nur einer Lösung, keiner eigentlichen Verwitterung.

Vielfach finden sich dolomitische Kalksteine, vorwiegend kohlensaurer Kalk mit beigemischter kohlensaurer Magnesia. Bei Einwirkung kohlensäurehaltiger Wasser wird zunächst die im Ueberschuss vorhandene Verbindung weggeführt und Dolomit bleibt zurück, der dann ebenfalls angegriffen und oft in ein feinsandiges Pulver von kleinen Rhomboëdern, die sogenannte „Dolomitasche" übergeführt wird.

Eisenspat, kohlensaures Eisenoxydul (62,07% FeO; 37,93 CO_2), ist ebenfalls ein häufiges Produkt der Verwitterung von eisenhaltigen Gesteinen. Wie die vorbesprochenen Mineralien ist es in kohlensäurehaltigem Wasser löslich, oxydiert sich jedoch sehr leicht unter Abgabe der gebundenen Kohlensäure zu Eisenoxyd oder unter

Wasseraufnahme zu Eisenoxydhydrat. Pseudomorphosen von Rot- und Brauneisen nach Eisenspat sind daher häufig.

Sulfate. Von schwefelsauren Verbindungen tritt nur der schwefelsaure Kalk als Anhydrit und im wasserhaltigen Zustande als Gips gesteinbildend auf.

Anhydrit $CaSO_4$ (41,2 CaO; 58,8 SO_3), in krystallinischen, graulich oder bläulich gefärbten Massen, seltener in rhombischen Krystallen, geht unter Wasseraufnahme über in

Gips $CaSO_4 + 2H_2O$ (32,5 CaO; 46,5 SO_3; 21 H_2O). Der Gips ist das verbreitetste schwefelsaure Salz und in kleinen Mengen in den meisten Bodenarten enthalten. Er löst sich in etwa 400 Tln. Wasser, verwittert daher im strengen Sinne nicht, sondern wird in Lösung weggeführt und krystallisiert beim Verdunsten des Wassers vielfach wieder aus, so namentlich in Höhlungen; auch in Thonlagern finden sich sekundär gebildete Gipskrystalle häufig vor.

Schwerspat (Baryt) (65,7 BaO; 34,3 SO_3) findet sich namentlich in Gängen, oft in schönen rhombischen Krystallen. Schwerspat ist eins der unlöslichsten Mineralien und ohne wesentliche bodenkundliche Bedeutung.

Phosphate. Von den phosphorsauren Salzen ist nur der phosphorsaure Kalk im krystallisierten Zustande als Apatit, krystallinisch als Phosphorit bezeichnet, verbreitet und bodenkundlich von grosser Wichtigkeit.

Apatit krystallisiert hexagonal und besteht überwiegend aus phosphorsaurem Kalk (41—42% P_2O_5). Der Apatit findet sich in fast allen Gesteinen in Form kleiner Säulen und Nadeln. Er gehört in Quarzen, Hornblende, Augit, Feldspaten zu den am häufigsten vorkommenden Einschlüssen, ist aber prozentisch zumeist nur in sehr geringen Mengen vorhanden. Der Apatit ist der Träger der Phosphorsäure im Boden.

In kohlensäurehaltigem Wasser ist Apatit schwach löslich; grössere Krystalle werden durch die Verwitterung undurchsichtig, sie scheinen dabei oftmals zum Teil in Karbonat umgewandelt zu werden, obgleich Analysen zersetzter Apatite kaum vorliegen.

Chloride und Fluoride. Von diesen kommen wesentlich nur die leicht löslichen Salze der Alkalien Steinsalz und Sylvin und ausserdem der Flussspat in Frage.

Steinsalz, Chlornatrium, NaCl (39,3 Na; 60,7 Cl), in mächtigen Lagern und in Lösung in vielen Quellen, Salzquellen, Soolen, und im Meerwasser vorkommend. Das Steinsalz ist leicht löslich und wird dadurch leicht aus den Gesteinen und Bodenarten ausgelaugt. Tritt es im Boden in mässiger Menge auf, so findet sich auf diesem wie auch am Seestrande meist eine eigenartige Flora.

Sylvin, Chlorkalium (52,35 K; 47,65 Cl), in beträchtlichen Ablagerungen in Stassfurt und in Kaluss in Galizien. Wichtiges Kalisalz für Düngerzwecke.

Flussspat, Fluorcalcium, CaF_2 (51,3 Ca; 48,7 F), verbreitet auf Gängen und Klüften. Der Flussspat findet sich häufig in Gesteinen und entsteht wohl zumeist bei der Verwitterung fluorhaltiger Mineralien, namentlich der Glimmer. Flussspat ist nicht völlig unlöslich in Wasser, durch den Angriff desselben zeigen die Krystalle nicht selten rauhe Flächen.

Oxyde und Oxydhydrate.

Roteisen, Eisenoxyd, Fe_2O_3 (70% Fe; 30% O), als Roteisenstein in mächtigen Lagern und Gängen und auch in kleinen Mengen in fast allen Bodenarten verbreitet, deren rote Farbe das Eisenoxyd bedingt.

Das Eisenoxyd geht durch Aufnahme von Wasser in Hydrat über; Pseudomorphosen von Brauneisen nach Roteisen sind nicht gerade selten. Auch im Boden kann man diese Umwandlung gelegentlich beobachten. Bei der Verwitterung und genügender

Gegenwart von Sauerstoff wird Eisenoxyd sehr vielfach in Form kleiner Körner oder Blättchen abgeschieden und bewirkt oft die rötliche Färbung schwach verwitterter Gesteine.

Unter dem Einfluss organischer Substanzen wird Eisenoxyd oder dessen Hydrat zu Oxydul reduziert und als kohlensaures Eisenoxydul gelöst. Das Eisen gehört so zu den beweglichsten Bestandteilen des Bodens und kann bei Luftabschluss leicht umgelagert werden.

Eisenoxydhydrate. Durch Wasseraufnahme bildet sich aus Eisenoxyd oder sehr häufig auch direkt bei der Verwitterung der Mineralien Eisenoxydhydrat. Oft kann man beide Verbindungen in Dünnschliffen neben einander beobachten. Die entstehenden Hydrate des Eisenoxyds haben wechselnden Wassergehalt. Dem in Gängen und Lagern, wie auch im Boden, dessen braune Färbung dadurch veranlasst wird, weit verbreiteten.

Brauneisenstein giebt man die Formel $Fe_2(OH)_6$; ein anderes oft vorkommendes Mineral ist der Göthit oder Nadeleisenerz $Fe_2H_2O_4$.

Für die Umwandlung gilt das für das Eisenoxyd gesagte. Unter Umständen vermögen jedoch die Hydrate ihr Wasser abzugeben und in Eisenoxyd überzugehen.

Magneteisen (Eisenoxyduloxyd), Fe_3O_4 (72,4% Fe; 27,6% O), ist in Form kleinster Krystalle in sehr vielen Gesteinen verbreitet und oft das Produkt der Zersetzung eisenreicher Mineralien. Bei der Verwitterung nimmt das Magneteisen Sauerstoff auf und geht in Eisenoxyd über; seltener ist eine Umwandlung zu Brauneisen.

Dem Magneteisen steht in der Art des Vorkommens in den Gesteinen das Titaneisen ausserordentlich nahe, unterscheidet sich jedoch von jenem durch seine Unlöslichkeit in Säuren, sowie dass Titansäure in Form einer gelblichweissen Masse (Leukoxen) bei der Verwitterung übrig bleibt.

Braunstein, Pyrolusit (Mangansuperoxyd MnO_2) stellt das verbreitetste Mineral des Mangans dar. Es findet sich in Gängen und in kleinen Mengen vielfach in Gesteinsklüften, deren Flächen es in baumförmigen Zeichnungen überzieht (sog. Dendriten).

Schwefeleisen, FeS_2, findet sich in der Natur in zwei Ausbildungsformen, einmal regulär krystallisiert als Schwefelkies, sodann rhombisch als Markasit (Strahlkies). Der Schwefelkies ist verbreiteter als der letztere, obgleich auch dieser nicht selten vorkommt und namentlich in den Ablagerungen der Tertiär- und Kreideformation sich findet.

Schwefelkies ist ferner in Form kleinerer oder grösserer Krystalle in vielen Gesteinen vorhanden; er findet sich auch, wenngleich im ganzen selten, in Schichten von Moor- und Torflagern. Die Verwitterung erfolgt durch Aufnahme von Sauerstoff und Wasser:

$$FeS_2 + 7\,O + H_2O = FeSO_4 + H_2SO_4$$

d. h. es geht aus der Verwitterung Eisenvitriol und freie Schwefelsäure hervor. Je nach den im Boden vorhandenen Mineralbestandteilen ist die fernere Umsetzung verschieden.

Der Eisenvitriol oxydiert sich bei Gegenwart von Sauerstoff zu schwefelsaurem Eisenoxyd ($3FeSO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + Fe_2O_3$) unter Bildung basischer Salze von wechselnder Zusammensetzung. Ist kohlensaurer Kalk vorhanden, so bildet sich Gips und das entstehende kohlensaure Eisenoxydul geht unter Kohlensäureverlust und Sauerstoffaufnahme in Eisenoxyd, bezw. Eisenoxydhydrat über; es sind so Pseudomorphosen von Brauneisen nach Schwefelkies häufig. Auch die im Diluvium verbreiteten Eisennieren gehen aus der Oxydation von Markasit hervor. Das entstehende Brauneisen verkittet den umliegenden Sand.

Die freie Schwefelsäure bewirkt ferner verschiedene Umbildungen. Sind nicht genügend Basen vorhanden, um die Säure zu binden, wie dies namentlich in Moorboden vorkommt, in dem sich zuweilen Schwefelkies fein verteilt vorfindet, so wirkt die freie Säure als Pflanzengift und vernichtet jede Vegetation. Solche schwefelkieshaltige Moorschichten sind durch Wasserbedeckung von der Einwirkung der Luft abgeschlossen; werden dieselben bei Meliorationen oder sonstigem Bodenbearbeiten an die Oberfläche gebracht, so kann zuweilen der Boden auf Jahre hinaus verdorben und für Pflanzenkultur ungeeignet werden.

Auch bei Gegenwart genügender Mineralstoffe ist die Einwirkung nicht immer ohne Bedeutung. Am günstigsten gestalten sich die Verhältnisse, wenn genug Kalk vorhanden ist, um die freie Säure zu binden. Zufuhr von Kalk und Mergel ist auch wohl das einzige anwendbare Gegenmittel.

V. Die bodenbildenden Gesteine und ihr Verhalten.

Litteratur. Sprengel, Bodenkunde. — Fallou, Pedologie. Senft, Boden- und Gesteinskunde. Grebe, Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre. 4. Aufl. 1886. Berlin. Abhandlg. d. geolog. Landesanstalt von Preussen etc. (soweit sich diese auf das Flachland beziehen); ferner eine erhebliche Anzahl vereinzelter Angaben. Die für forstliche Zwecke brauchbarste Zusammenstellung bietet Grebe, dem auch hier im wesentlichsten gefolgt ist.

§ 23. 1. Allgemeines. Die aus der Gesteinsverwitterung hervorgehenden Bodenarten sind je nach der Zusammensetzung, Korngrösse u. s. w. verschiedenartig. Es ist jedoch möglich, für die Hauptgesteinsarten und deren Verwitterungsböden Kennzeichen und ein allgemeines Verhalten anzugeben, welches der überwiegenden Anzahl gemeinsam ist. Einzelne Ausnahmen kommen vielfach vor, sind jedoch eben Ausnahmen von der Regel und vermögen diese selbst nicht zu beeinflussen.

Eine Trennung in „Verwitterungsböden" und „Schwemmlandsböden" ist nicht festgehalten, da die letzteren nur die erste Phase der Verwitterung, das Zerfallen in kleine Bruchstücke nicht durchzumachen haben, sonst aber keine abweichende Zersetzung erleiden. Bei der Wichtigkeit und Verbreitung der Diluvial- und Alluvialbildungen sind diese anhangsweise besonders besprochen.

Einteilung der Gesteine. Unter Gestein ist hier jedes Aggregat von Mineralkörpern verstanden, welches in so grosser Menge vorkommt, dass es einen nennenswerten Anteil an der Zusammensetzung der festen Erdoberfläche nimmt. Dementsprechend werden auch die losen Anhäufungen wie Sande, Gerölle unter diesem Begriff mitverstanden, ebenso die Kohlen- und humosen Stoffe, vorausgesetzt, dass sie gebirgs- oder bodenbildend auftreten.

Die Gesteine sind in Abteilungen zusammengefasst, welche sich auf Zusammensetzung und Ausbildungsweise gründen. Es sind dies die folgenden:

a) massige Gesteine;
b) Urschiefer oder metamorphische Gesteine;
c) Thonschiefer und Thone;
d) Kalk- und Dolomitgesteine (Mergel u. s. w.);
e) Konglomerate, Sandsteine und Sande;
f) humose Bildungen:

a) Die massigen Gesteine sind überwiegend eruptive Bildungen und zeichnen sich durch einen massigen Aufbau und Fehlen jeder Schichtung aus. Absonderung in Säulen und Platten sind nicht selten. Die massigen Gesteine teilt man für boden-

kundliche Zwecke am günstigsten nach dem Kieselsäuregehalt ein, da dieser für die Umbildung, oft auch für die Zersetzbarkeit bezeichnend ist. Man unterscheidet so:

saure Gesteine mit mehr als 65% SiO_2: Granit, Quarzporphyr;

Gesteine mit mittlerem SiO_2 Gehalt mit 55—65% SiO_2: Syenit, Trachyt, Phonolith;

basische Gesteine mit 40—54% SiO_2: Diorit, Diabas, Melaphyr, Basalt.

§ 24. 2. Saure Gesteine:

Granit: Rein krystallinisch-körniges Gemenge von Quarz, Orthoklas, Plagioklas und Glimmer. In der Regel herrschen die Feldspate, namentlich der Orthoklas, vor. Der Granit findet sich meist in mächtigen Stöcken und Lagern, seltener in Gängen.

Die Verwitterung ist je nach der Korngrösse verschieden, je grobkörniger um so leichter tritt die Zersetzung ein. Die Verwitterung folgt zumeist grösseren Spalten und lässt Granitblöcke in wollsackähnlichen Gestalten auf der Oberfläche zurück. Der Granit zerfällt in kleine Steinbrocken und bildet so einen für den Granit charakteristischen Gruss, dessen Feldspatbestandteile allmählich in einen thonigen, alkalireichen, jedoch meist kalkarmen Boden übergehen. Der Boden selbst ist kräftig, ziemlich tiefgründig und sagt in höheren Lagen der Fichte und Tanne, in den tieferen der Buche und andern Laubholzarten zu. Wie auf allen kalkarmen Böden zersetzen sich die Humussubstanzen auf Granitboden nur langsam, und neigt er daher in höheren Lagen zur Versumpfung und Torfbildung, ist auch in tieferen Lagen der Ansamung nicht günstig. Feinkörnige Granite verwittern meist sehr schwierig und bilden einen flachgründigen, kiesigen Boden.

Felsitporphyr. In einer dichten, felsitischen Grundmasse sind Krystalle von Quarz und Feldspat ausgeschieden. Der Felsitporphyr kann sehr verschiedene Farben haben; meist rötlich oder braun, seltener grünlich. Je nach der Zusammensetzung der Grundmasse, die in den meisten Fällen krystallinisch ist, verwittert der Felsitporphyr langsamer oder schneller.

Die dichten festen Porphyre verwittern sehr schwer, zerfallen in scharfkantige, schiefwürfelige Trümmer und bilden endlich einen erdarmen, sehr steinreichen, thonigen Boden, der zu den ungünstigsten Waldböden gehört, die vorkommen. In der Ebene lagern sich die Bruchstücke meist dicht zusammen und verhindern das Eindringen der Wurzeln, während sie an den Abhängen lose aufeinander lagern und so den Boden trocken und hitzig machen.

Die leichter verwitterbaren Porphyrformen (sogenannte Feldstein- und Thonsteinporphyr) sind weniger ungünstig, manche sogar für Fichte und Buche sehr geeignet; obgleich die Mehrzahl dem Forstmann grosse Schwierigkeiten bereitet und namentlich gegen eine Blosslegung des Bodens sehr empfindlich ist.

An den Felsitporphyr schliesst sich eng der Quarztrachyt oder Andesit an, der jedoch nur in kleinen Partien in Deutschland vorkommt.

§ 25. 3. Gesteine mit mittlerem Kieselsäuregehalt. Syenit. Körnig-krystallinisches Gemenge von Orthoklas und Hornblende, nur selten tritt Glimmer hinzu. Der Syenit schliesst sich in seinen Formen eng an die des Granites an, ist jedoch viel weniger verbreitet.

Bei der Verwitterung zerfällt der Syenit meist ziemlich rasch in einen feinen Gruss, der allmählich in einen eisenreichen Lehmboden von mässiger Mächtigkeit übergeht. Der Syenitboden ist infolge des Hornblendegehaltes und des Fehlens von Quarz viel reicher an Pflanzennährstoffen als der Verwitterungsboden des Granites; er trägt entsprechend auch einen besseren und namentlich an Laubhölzern reicheren Waldbestand als dieser.

Trachyt ist ein meist porphyrisch ausgebildetes, wesentlich aus Sanidin (glasigem Orthoklas) und Oligoklas bestehendes Gestein, in dem sich noch häufig Hornblende, Augit oder Glimmer findet.

Die Verwitterung greift in der Regel den Oligoklas zuerst an und wird durch reichliche porphyrische Ausscheidungen begünstigt. Der Verwitterungsboden ist hell, weisslich oder gelbbraun gefärbt und erzeugt in der Regel nur einen flachgründigen, ziemlich trockenen und unfruchtbaren Boden; seltener sind Trachytformen, die leicht verwittern und dann einen fruchtbaren tiefgründigen Boden bilden.

Phonolith (Klingstein) ist ein dichtes, dunkelgrünliches oder braunes Gestein, welches sich aus Sanidin, Nephelin und Einsprenglingen von Augit, Hornblende, Magneteisen zusammensetzt. Der Phonolith zeigt grosse Neigung zur plattenförmigen Absonderung.

Die Verwitterung lässt den Phonolith in ein Haufwerk von Bruchstücken zerfallen, die meist scharfkantig und der plattenförmigen Absonderung entsprechend, etwas schieferig erscheinen. Die Bruchstücke überziehen sich zuerst mit einer weisslichen, äusserlich dem Kaolin ähnlichen Verwitterungskruste, die wie der daraus hervorgehende Boden mit Wasser schlammig, und nach dem Austrocknen krümelig wird. Der Phonolithboden ist in feuchten Lagen ein vorzüglicher Waldboden, neigt jedoch zur Versumpfung.

Basische Gesteine:

Diorit ist ein körniges, krystallinisches Gemenge von Plagioklas (meist Oligoklas, seltener Labrador) und Hornblende. Diorit findet sich sowohl in rein körniger, als auch in porphyrischer oder dichter Ausbildung, zumeist als Gänge oder Stöcke, seltener als Lager.

Der Diorit verwittert nur langsam, in seinen dichten Abarten wohl am schwierigsten von allen krystallinischen Gesteinen und bildet einen an Steinen überreichen, erdarmen Boden.

Diabas, ein grob- bis feinkörniges, grünes oder grüngraues sehr festes und zähes Gestein, welches von Augit und Plagioklas (namentlich Labrador) gebildet wird. Der Diabas tritt in Gängen und Lagern auf.

Die Verwitterung ergreift meist zunächst den Augit, der oft vollständig in Chlorit umgewandelt wird. Kohlensaurer Kalk findet sich fast immer im verwitterten Diabase, in dessen Hohlräumen sich häufig Krystalle von Kalkspat abscheiden (sog. Kalkdiabas). Diabas zerfällt viel leichter als Diorit, wenn auch die dichten Abarten oft lange widerstehen und sich Verwitterungsschichten in rötlich-gelben Lagen ablösen.

Der Verwitterungsboden ist dunkel gefärbt, eisenreich und namentlich infolge des hohen Phosphorsäure- wie des Kalkgehaltes ein ausserordentlich fruchtbarer und für Laubholzarten vorzüglich geeigneter. Nadelhölzern sowie auch der Eiche sagt er dagegen weniger zu. Der Diabasboden ist sehr empfänglich für Besamung, jedoch einem starken Gras- und Himbeerwuchse ausgesetzt. „Diabasboden sagt den Buchen und den Kraft fordernden Holzarten, z. B. den Ahornen, vorzüglich zu und das abgesonderte Vorkommen der ersteren auf einzelnen Höhepunkten bewaldeter Gebirge ist oft ein fernes Kennzeichen des Vorhandenseins dieser Felsart.“ (Grebe l. c. p. 88.)

Melaphyr sind dichte, sehr häufig mandelsteinartige Gemenge von Plagioklas, Augit, Olivin und Magneteisen. Die Melaphyre treten in Kuppen und Gängen, namentlich aber in mächtigen Lagern auf.

Bei der Verwitterung wird die Oberfläche erdig, anfangs grünlich, später ockerbraun, wie dies an Klüften und Spalten des Gesteines zu beobachten ist und allmählich geht, trotz der schweren Zersetzbarkeit, ein meist dunkelgrau-gelber, eisenreicher Thon-

boden hervor, der sich dem Verwitterungsboden des Basaltes sehr ähnlich verhält.

Basalt, ein scheinbar dichtes, bläulich- oder grauschwarzes Gestein, welches aus einem Gemenge von Plagioklas (namentlich Oligoklas) oder Nephelin und Augit, Magneteisen und sehr vielfach Olivin besteht. Körnige Ausbildungen der Basaltgesteine werden als Dolerit bezeichnet.

Die Verwitterung der Basalte ist verschieden; einzelne Abarten zerfallen in grössere oder kleinere Blöcke, deren Oberfläche hell oder rostbraun gefärbt ist; die Bruchstücke zersetzen sich nur langsam, runden sich allmählich und sind an steilen Gehängen dann wenig fruchtbar. Andere Basalte verwittern leichter und dringt die Verwitterung namentlich in die Tiefe vor, so dass die ganze Masse in Basaltwacke umgewandelt erscheint. Der Verwitterungsboden des Basaltes ist dunkel, braun oder grau gefärbt, meist reichlich mit Steinen durchmischt, dabei auch bei nur mässiger Mächtigkeit ausgezeichnet fruchtbar und namentlich für Laubhölzer geeignet (am wenigsten Eiche und Birke, sowie Nadelhölzer).

§ 27. 5. Urschiefer und metamorphische Gesteine. Diese Gesteinsgruppe, welche in grosser Verbreitung die Erdoberfläche bedeckt, besteht aus krystallinischen Gesteinen, die mit wenigen Ausnahmen (Gabbro) eine mehr oder weniger deutliche Schichtung aufzuweisen haben. Bodenkundlich ist dies von höchster Bedeutung, da je nach Neigung, Dicke und gleichmässiger Ausbildung der einzelnen Schichten der entstehende Boden sich der Pflanzenwelt gegenüber ganz verschieden verhalten wird. Namentlich die Neigung der Schichten fällt ins Gewicht. Ein Schiefer, dessen Schichten senkrecht stehen, wird dem Wasser leichten Abfluss in die Tiefe gestatten, also leicht an Trockenheit leiden; ein solcher mit Schichten in ebener Lage dagegen dem Wasser nur schwierig ein Versickern gestatten und dadurch eher an Nässe und Versauerung leiden.

Die hierher gehörigen Gesteine wechseln in ihrer Zusammensetzung in viel höherem Masse, zeigen viel mehr Uebergänge ineinander, als dies bei den massigen Gesteinen der Fall ist. Es ist daher auch viel schwieriger, allgemeine Gesichtspunkte für das Verhalten der einzelnen Gesteine zu erlangen, als es bei den vorherbesprochenen der Fall war.

Gabbro, ein massig ausgebildetes Gestein, welches sich aus Plagioklas (Labrador) und Diallag (ein dem Augit sehr nahestehendes, jedoch leicht spaltbares Mineral) zusammensetzt; ausserdem vielfach Olivin enthält.

Der Gabbro findet sich nur an einzelnen Stellen bodenbildend und die Verwitterung erzeugt einen sehr fruchtbaren, reichen Boden.

Gneiss ist ein flaseriges bis schieferiges Gemenge von Orthoklas (oft auch Oligoklas vorhanden), Quarz und Glimmer. Gneiss ist also mit Granit gleich zusammengesetzt und nur durch die Lagerungsweise der Bestandteile verschieden.

Abarten des Gneisses entstehen, wenn der Glimmer ganz oder teilweise durch andere Mineralien ersetzt ist, dahin gehören: Hornblendegneiss, in dem an Stelle des Glimmers Hornblende und Protogingneiss, in welchem neben dunkelgrünem noch ein gelbgrüner, sehr weicher, talkartiger Glimmer auftritt.

Der Gneiss findet sich in mächtigen Lagern und Schichten, bedingt jedoch meist gerundete, weniger schroffe Bergformen als der Granit. Die Verwitterung ist eine verschiedene, je nach der Zusammensetzung und Schichtenlage des Gesteins. Je reicher an Feldspat und dunklem, eisenreichem Magnesiaglimmer, und je ärmer an Quarz und Kaliglimmer, um so rascher geht die Verwitterung voran. Der Gneiss zerfällt dabei, namentlich nach frostreichen Wintern, in ein Haufwerk kleinerer, meist plattiger Stücke, die allmählich in einen Gruss und endlich in einen gelb- bis rotbraunen, mit Quarz-

körnern und andern Mineralresten gemengten Boden übergehen. Je aufgerichteter die Schichten des Gneisses sind, um so rascher verwittert er.

Der Gneissboden ist meist nicht ungünstig für den Wald, namentlich wächst auf demselben die Fichte, ebenso die Buche.

Granulit, ein schieferiges Gemenge von Quarz und Feldspat, mit kleinen roten Granaten. Granulit verwittert schwer und hinterlässt zuweilen einen nur mit Quarzkörnern gemischten Kaolin.

Glimmerschiefer ist ein rein schieferiges Gemenge von Quarz und Glimmer (namentlich auf dem Querbruch tritt der Quarzgehalt hervor). Je nach der Glimmerart unterscheidet man Kaliglimmerschiefer und Magnesiaglimmerschiefer, die sich bodenkundlich sehr abweichend verhalten.

Die Verwitterung dringt zunächst auf Spalten des Gesteines ein, zumal wenn die Schichten mehr oder weniger aufgerichtet sind; das Gestein kann so noch äusserlich frisch erscheinen, während die Spalten von dem Verwitterungsprodukte, einer eisenreichen gelb- bis rotbraunen, mit Quarz und Glimmer gemischten lockeren Masse erfüllt sind.

Der Verwitterungsboden der Kaliglimmerschiefer ist gelb bis bräunlich, flachgründig und infolge der überwiegenden Glimmerteile auffällig bindungslos; er bildet einen geringwertigen Boden, der oft kaum der Fichte genügt.

Der Boden des Magnesiaglimmerschiefers ist meist reicher an Thonbestandteilen, dunkelbraun und vermag auch anspruchsvolleren Holzarten ein freudiges Gedeihen zu ermöglichen. Beiden Schieferarten gemeinsam ist die ungünstige Einwirkung der zahlreichen, meist wagerecht liegenden grösseren Bruchstücke, welche dem Eindringen der Wurzeln Schwierigkeit bereiten.

Urthonschiefer (Phyllit) sind schieferige Gesteine von meist dunkler, grauer, brauner oder grünlicher Farbe. Die Spaltungsflächen besitzen seidenartigen Glanz. Der Urthonschiefer besteht aus mikroskopisch kleinen Quarz-, Feldspat-, Chlorit- und Glimmerteilen. Die einzelnen Bestandteile sind sehr verschieden reichlich vertreten, so dass z. B. der Kieselsäuregehalt zwischen 45 und 75% schwankt. Abarten sind die Fleck- und Knotenschiefer, ferner die Sericitschiefer, in denen an Stelle des gewöhnlichen Glimmers eine talkartige, weiche Abart, der Sericit, vorhanden ist.

Die Verwitterung ist entsprechend der wechselnden Zusammensetzung eine sehr verschiedenartige. Der quarzreiche, meist dickschieferige Urthonschiefer verwittert schwer und bildet steinige, flachgründige Bodenarten und selbst völlige Geröllagen. In den Mulden, sowie den frischen Ost- und Nordhängen gedeiht die Fichte, während die trockneren Lagen nur eine ärmliche Vegetation hervorbringen. Trotzdem hat sich diese Form des Urthonschiefers zum Teil für Niederwald (Eichen-Schälwaldungen des Rheines) bewährt.

Die weniger quarzreichen Urthonschiefer zerfallen in einen milden, mit vielen kleinen Schieferstückchen durchsetzten Boden, der Fichte, Tanne und Buche erträgt.

Bodenbearbeitung und Auflockerung wirkt meistens ungünstig, da die vielen Bruchstücke des Schiefers sich nur schwer wieder zusammenlagern.

Die Verwitterung bedingt ein starkes, mechanisches Zerfallen des Urthonschiefers, die mehr oder weniger starke Neigung der Schichten ist daher von Bedeutung; bei ebener Lage tritt leicht Versumpfung ein.

§ 28. 6. Thonschiefer und Thone.

Aus den Ablagerungen der bei der Verwitterung entstandenen Thonpartikel entstehen die Thone, die sich dichter zusammenlagern und schiefrige Gesteine bilden

können, die man je nach der Härte als Schieferthon (die weicheren, ziemlich weichen, aber deutlich schiefrigen Gesteinsarten) und Thonschiefer (härter, meist ausgezeichnet schiefrig, dunkel, oft schwarz gefärbt) bezeichnet. Die mikroskopische Untersuchung hat gelehrt, dass im Schieferthon spärliche, im Thonschiefer reichlichere krystallinische Bestandteile vorhanden sind.

Die Thonschiefer und Schieferthone zerfallen in eine rote thonige Masse von lockerem, nicht bündigem Zusammenhalt; Lockerung wirkt in diesem Zustande ungünstig. Erst allmählich verliert sich die bröckliche Beschaffenheit und entsteht ein kräftiger, thoniger Boden, vorzüglich für Fichte, Tanne und Buche.

Als Letten wird eine kaum schieferige Abart des Schieferthons bezeichnet, der in eckige Stücke oder in Scheibchen und Blättchen zerfällt und in einen sehr schweren, fruchtbaren, thonigen Boden übergeht, und den anspruchsvolleren Laubhölzern, namentlich jedoch Buche und Esche, geeigneten Standort gewährt, indessen leicht zu viel Wasser festhält. (Letten ist am verbreitetsten in der Keuperformation.)

Thon bildet die unveränderten Zusammenlagerungen der Thonsubstanz, er wird meistens technisch ausgenutzt. Für forstliche Zwecke ist der Thon ungünstig, da er bei seiner Undurchlässigkeit, Kälte und Schwere das Eindringen der Wurzeln erschwert und der Versumpfung in hohem Grade ausgesetzt ist (vergl. auch „Alluvium“).

Lehm reiht sich den Thonböden an. Er besteht aus einer Mischung von Thon und Sand; ist durch Eisenoxydhydrat gelbbraun gefärbt und je nach dem Thongehalt von verschiedenen Eigenschaften (vergl. „Diluvium“).

§ 29. 7. Kalk- und Dolomitgesteine.

Kalkgesteine finden sich in allen Formationen und treten in den verschiedensten Abarten auf. Da der kohlensaure Kalk bei der Verwitterung gelöst wird, so sind die entstehenden Bodenarten zumeist von dem Gehalt und der Zusammensetzung der dem Kalkgesteine beigemischten fremden Bestandteile abhängig und entsprechend von sehr verschiedenartiger Bodengüte. Bei keinem Gestein wechselt die Fruchtbarkeit der Verwitterungsböden so sehr als bei den Kalkgesteinen. Man kann diese unterscheiden in:

a) reine Kalke, die Felsarten umfassen, die fast nur aus kohlensaurem Kalke bestehen; aus denselben hervorgehende Bodenarten sind erdarm, mit Steinen durchsetzt, meist trocken und hitzig und gehören daher zu den armen und ärmsten Waldböden. Einzelne wichtige hierher gehörige Gesteinsarten sind:

Kreide, die durch die weiche und zerreibliche Beschaffenheit leicht zerfällt, jedoch, es gilt das namentlich von der weissen Kreide, sehr wenig fruchtbare Böden liefert;

krystallinische Kalke, die nach den Formationen, welchen sie angehören, manche Eigentümlichkeiten besitzen. So ist der Kalk der paläozoischen Formationen (Grauwakenkalk), wie er in Deutschland auftritt, meist dicht, stark zerklüftet und liefert einen flachgründigen, steinigen Boden;

der Muschelkalk (Friedrichshallerkalk), geschichtet, von graulicher Farbe und sehr dichtem Gefüge. Bei der Verwitterung liefert er ebenfalls einen steinigen, erdarmen Boden. In der Juraformation Süddeutschlands finden sich vielfach hell gefärbte (weisse) Kalkablagerungen, die sehr schwer zerfallen und auch dann nur ganz arme, an Steinen überreiche Böden bilden.

b) Kalkgesteine mit reichlicheren, thonigen Beimischungen bilden die Hauptmasse der Kalkgesteine in jüngeren Formationen. Die Verwitterung bewirkt eine Wegführung des kohlensauren Kalkes, Oxydation des als kohlensaures Oxydul vorhandenen Eisens, während die thonigen Teile die Hauptmasse des Bodens bilden.

Die Verwitterungsböden derartiger Kalkgesteine sind daher sehr thonreich und

haben alle Vorteile und Nachteile eines schweren Thonbodens. Der Kalkgehalt, ausser in Form beigemischter Steine, ist meist sehr gering. Die tiefer liegenden Kalkschichten sorgen für eine genügende Entwässerung. Derartige Bodenarten sind bei genügendem Kronenschluss ausserordentlich fruchtbar und tragen namentlich Laubhölzer in vorzüglichstem Wuchse. Dagegen sind solche Böden sehr empfindlich gegen Austrocknung, welche ein zähes Zusammenlagern der Thonteile bewirkt und dann einer Anfeuchtung und Trennung der Bodenbestandteile die grössten Schwierigkeiten entgegensetzt. (Völlig trockene Kalkböden kann man mehrere Stunden mit Wasser kochen, ehe alle Thonpartikel gleichmässig verteilt sind, im kalten Wasser können solche Böden stundenlang gelegen haben, ohne dass sich das Wasser beim Umrühren durch Thonteilchen trübt). Entwaldete, an den frischeren Abhängen meist mit Gras dicht bewachsene Kalkberge bieten der Wiederbewaldung oft die allergrössten Schwierigkeiten. Es beruht dies wesentlich auf der veränderten physikalischen Beschaffenheit des Bodens und der dadurch bedingten Wasserarmut in den trockenen Jahreszeiten. Kiefer, namentlich Schwarzkiefer, haben sich bewährt, einzelne Laubhölzer, Akazie, Weisserle bieten gute Aussichten.

c) Dolomitische Kalke und Dolomite zeigen in ihrer Verwitterung von den reineren Kalkgesteinen insofern eine bedeutsame Abweichung, als zuerst der kohlensaure Kalk ausgelaugt wird und der Dolomit häufig in Form von sandigen Körnern zurückbleibt. Die dolomitischen Kalke bilden so einen mit Dolomitsand gemischten Thonboden von meist gelblicher Farbe, der vielfach dem Lehm (Thon mit Quarzsand) sehr ähnlich ist und eine grosse Fruchtbarkeit besitzt. Die reinen Dolomite verwittern dagegen noch schwieriger als Kalkgesteine und ragen meist als Blöcke und Felsmassen unbewachsen hervor, während in den tieferen Lagen sich ein erdarmer, mit Steinen durchmengter, geringwertiger Boden ablagert.

d) Mergel sind gleichmässige und innige Mischungen von kohlensaurem Kalk und Thon, denen oft noch Sand oder Gesteinsmehl beigemischt ist. Je nach dem Vorherrschen des einen oder andern Gemengteiles kann man unterscheiden (vergl. Senft, Gestein- und Bodenkunde, S. 315):

Thonmergel 15—20% Kalk, 50—75% Thon, höchstens 25% sandige Bestandteile; in den Formationen des bunten Sandsteines und Keupers verbreitet. Die Färbung ist meist rot; der Zusammenhalt gering, da die Gesteine, aus denen er hervorgeht, zunächst in kleine Brocken und Blättchen zerfallen; einmal völlig zersetzt, bildet sich jedoch ein Boden von vorzüglicher Fruchtbarkeit.

Lehmmergel 15—20% Kalk, 20—50% Thon, 25—50% Sand. Gelbbraun bis braun gefärbt; geht aus der Verwitterung von Sandsteinen hervor, welche sehr reich an kalkig-thonigen Bindemitteln sind; ebenfalls hierher gehört der Diluvialmergel (siehe Diluvium).

Kalkmergel 50—75% Kalk, 20—50% Thon, höchstens 5% Sand; meist hellbräunlich gefärbt; dieser Boden zeichnet sich im trockenen Zustande durch auffällige Bindungslosigkeit aus, wird jedoch nach Durchfeuchtung und rasch folgender Trocknung oft hart und fest.

§ 30. 8. Konglomerate, Sandsteine und Sande.

Konglomerate sind Gesteine, die aus gerundeten, grösseren Stücken eines Minerals oder Gesteines bestehen, welche durch ein Bindemittel verkittet sind. (Breccien setzen sich in gleicher Weise aus eckigen, scharfkantigen Bruchstücken zusammen; für die Bodenkunde ist der für die Geologie wichtige Unterschied ohne Bedeutung.)

Je nach der Verschiedenartigkeit der Bruchstücke, des dieselben verkittenden Bindemittels, dessen Menge und Festigkeit, sind die Konglomerate von sehr wechselnder

Beschaffenheit. Hier können nur die beiden wichtigsten Konglomerate (die Grauwacke bei den Sandsteinen), das Rotliegende und die Nagelflue, behandelt werden.

Das Konglomerat des Rotliegenden besteht aus wallnuss- bis kopfgrossen Geschieben von Quarz, Hornstein, Kieselschiefer, Granit, Gneiss, Felsitporphyr, Glimmer- und Thonschiefer, die durch ein eisenreiches sandiges Bindemittel verkittet sind und dadurch eine rote Farbe erhalten.

Der Verwitterungsboden ist meist flachgründig, steinreich und nicht selten sogar ein unfruchtbarer Grandboden. Auf höheren Stellen ist er von sehr geringem Werte und vermag nur mässige Kiefern zu ertragen. Namentlich leiden die Pflanzen unter Wassermangel.

Die Nagelflue, im alpinen Tertiär weit verbreitet, besteht überwiegend aus Rollstücken von Kalksteinen, weniger von Sandsteinen und krystallinischen Felsarten, die durch ein mässig thonreiches, kalkiges Bindemittel verkittet sind.

Grand schliesst sich hier an, da er gleich den Konglomeraten aus Geschieben besteht, nur dass ein verkittendes Bindemittel fehlt. Je nach der Zusammensetzung ist der Verwitterungsboden der Grande verschieden, leidet in der Regel aber an Trockenheit und vermag dann nur mässige Kiefern zu tragen. In den Niederungen der Flüsse, wo in mässiger Tiefe Grundwasser ansteht und eine genügende Verwitterung der oberen Lagen eingetreten ist, geht dagegen aus den Granden (Flussgrand, Flussschotter) ein besserer Boden hervor, der zumeist landwirtschaftlichen Zwecken dient.

Sandsteine sind Gesteine, die aus der Verkittung kleiner, nicht über erbsengrosser Gesteins- oder Mineralbruchstücke bestehen. Letztere gehören überwiegend dem Quarze an, können aber auch aus den verschiedenartigsten Bestandteilen sich zusammensetzen. Man bezeichnet die Sandsteine vielfach nach ihrem geologischen Alter (Buntsandstein-, Keuper-, Quadersandstein u. s. w.); nach der Zusammensetzung der Bruchstücke unterscheidet man:

Grauwacke, Bruchstücke von Quarz, Thonschiefer, Kieselschiefer, Feldspatkörnern durch ein kieseliges oder kieselig-thoniges Bindemittel verkittet und oft durch Kohlenbestandteile hell- bis dunkelgrau gefärbt. Geht bei Wachsen der Steingrösse in Grauwackenkonglomerat über. Der Verwitterungsboden der Grauwacke ist je nach der Zusammensetzung und dem Bindemittel verschieden. Die quarzreichen Abarten mit kieseligem Bindemittel erzeugen einen flachgründigen, erdarmen Boden, der nur dürftige Bewaldung trägt (Kiefer und Birke, bei grösserer Tiefgründigkeit Eiche). Die Grauwacken mit mehr thonigem Bindemittel, meist auch die Konglomerate, geben einen tiefgründigeren, steinfreieren Boden, der Fichte, Tanne und Buche trägt.

Arkose, besteht aus Quarz und Feldspat, enthält zuweilen auch Glimmer. Manche Buntsandsteine, sowie solche der Kohlenformation gehören hierher.

Grünsandstein, neben Quarz noch Körner von Glaukonit, meist kalkigthoniges Bindemittel. (Kreideformation.)

Glimmersandstein, Quarz und Glimmer; meist etwas schiefrig ausgebildet.

Wichtiger als die Zusammensetzung der Körner ist für die Sandsteine die Menge und Natur des Bindemittels; hiernach unterscheidet man:

thonigen Sandstein mit einem durch Eisen rot oder gelbbraun gefärbten thonigen Bindemittel, welches meist reichlich vorhanden ist. (Viele Buntsandsteine, namentlich der oberen und mittleren Abteilung, gehören hierher.) Diese Sandsteine zerfallen leicht und geben einen lehmigen oder sandigen, tiefgründigen Boden von günstiger Beschaffenheit;

mergeligen Sandstein mit kalkig-thonigem Bindemittel; vorwiegend hell gefärbt. Diese Sandsteine zerfallen leicht in einen tiefgründigen Sandboden von guter

Beschaffenheit;

kalkige Sandsteine mit überwiegend kalkigem Bindemittel;

kieseligen Sandstein mit kieseligem Bindemittel (unterer bunter Sandstein; die Hauptmasse des Quadersandsteins). Bei der Verwitterung, welcher die an Zement armen Abarten nur sehr schwierig unterliegen, bilden sich lockere, trockene und unfruchtbare Sandböden, die überwiegend von der Kiefer besetzt sind;

eisenhaltige Sandsteine mit einem aus Eisenoxyd oder noch häufig aus Eisenoxydhydrat bestehenden Bindemittel.

Quarzit schliesst sich genetisch häufig an die Sandsteine an; er ist ein dichtes bis körniges Quarzgestein ohne oder mit spärlichem kieseligem Bindemittel. Nach seiner Zusammensetzung ist er der Verwitterung nur sehr schwer zugängig und ragt oft völlig vegetationslos hervor. Die körnigen Formen geben einen flachgründigen Sandboden. Nur in sehr seltenen Fällen sind so viel fremde Bestandteile (Thon und eisenschüssige Thone) vorhanden, dass bei der Verwitterung ein erträglicher Boden entstehen kann.

Sande. Die Sande stehen zu den Sandsteinen in demselben Verhältnis, wie die Grande zu den Konglomeraten. Die Sande unterliegen, soweit sie aus Silikatverbindungen bestehen, in gleicher Weise der Verwitterung, wie Bestandteile der Sandsteine. (Diluvialsande siehe später.) Anzuführen sind die namentlich der Tertiärformation angehörigen Abarten:

Glimmersand, meist sehr feinkörnig, mit Glimmerblättchen durchsetzt. Bodenarten mittlerer Güte.

Tertiäre Quarzsande, aus Milchquarz mit Kieselschieferbruchstücken gemischt. Sehr arme unfruchtbare Bodenarten.

Zu den Sanden gehören auch die vulkanischen Sande und Aschen. Bei den Eruptionen der Vulkane werden grosse Massen fein verteilter Mineralteile ausgeworfen. Je nach dem Feinheitsgrade unterscheidet man vulkanische Aschen und Sande. Die ersteren lagern sich zusammen und bilden dichte, weiche Massen, die vulkanischen Tuffe. Die aus denselben hervorgehenden Böden sind meist von mittlerer oder hoher Güte. Die vulkanischen Sande dagegen erlangen nur sehr langsam einen geringen Zusammenhang und bilden trockene, unfruchtbare Bodenarten, die zuweilen kaum eine dürftige Vegetation zu tragen vermögen.

§ 31. 9. Diluvium und Alluvium. Bei der grossen Ausdehnung der Diluvial- und Alluvialschichten und deren bodenkundlicher Wichtigkeit ist eine gesonderte Besprechung derselben geboten.

Das Diluvium ist in Ablagerungen, deren Material durch Eis bewegt worden ist und in solche, welche durch fliessendes Wasser abgesetzt sind, zu trennen. Beide Formen unterscheiden sich wesentlich, wenngleich natürlich bei der ersteren auch fliessende Gewässer stark mitgewirkt haben. Als eine in ihrer Entstehung zweifelhafte Bildung ist der Löss anzuführen.

Glaziale Bildungen finden sich sowohl in den Tälern und am Fusse der Hochgebirge, als auch in grösster Ausdehnung in dem nordeuropäischen Tieflande.

Das nordische Diluvium bedeckt überwiegend einen grossen Teil Nord-Russlands, Norddeutschland, Holland und Skandinavien. Man unterscheidet es in zwei bez. drei Abteilungen, die als Unterdiluvium, Oberdiluvium und Ablagerungen diluvialer Flussbetten bezeichnet werden. Der Zusammenhang der letzteren mit den Diluvialbildungen ist erst später erkannt, früher bezeichnete man die Bildungen als alt-alluviale.

Das untere Diluvium besteht wesentlich aus Ablagerungen von Sanden,

Thon und Diluvialmergel.

Diluvialthon, ein geschichteter meist fetter Thon mit zahlreichen Schnüren eines sehr feinkörnigen Sandes. Vorwiegend zu technischen Zwecken ausgebeutet und an den Abhängen tiefer Täler hervortretend, ist ohne bodenkundliche Wichtigkeit.

Diluvialmergel ist ein meist schwach bläulich gefärbtes Gemenge von Sand, Thon und kohlensaurem Kalk, in denen Steine regellos eingeschlossen sind. Die einzelnen Gemengteile wechseln in ihrer Masse beträchtlich. Der Diluvialmergel ist ziemlich häufig sehr fest und zähe. Bei der Verwitterung wird zunächst der kohlensaure Kalk ausgelaugt, während gleichzeitig vorhandenes Eisenoxydul in Oxydhydrat übergeführt wird. Die bläuliche Färbung geht dadurch in gelbbraun über und der Mergel seiner ganzen Masse nach in Lehm. Bei weiterer Einwirkung der Atmosphärilien werden Thonbestandteile auf mechanischem, vielleicht auch auf chemischem Wege weggeführt und es bleibt zuletzt ein lehmiger bez. schwach lehmiger Sand übrig.

Mergelsand ist ein äusserst feinkörniger Sand, der reichlich zerriebene Mineralteile, sowie kohlensauren Kalk beigemischt enthält. Bei der Verwitterung geht aus dem Mergelsand ein milder, tiefgründiger, lehmiger Boden hervor, der namentlich der Eiche und Kiefer im hohen Masse zusagt.

Diluvialsand, ein fein- bis grobkörniger Sand, der überwiegend aus etwas gelblich gefärbten Quarzkörnern besteht, daneben aber noch mehr oder weniger reichlich Körner von Feldspat (daher auch Spatsand) und Hornblende enthält. Im unverwitterten Zustande, sowie in grösserer Tiefe enthält der Diluvialsand immer kohlensauren Kalk (häufig Bryozoenreste aus den zerstörten Kreideschichten stammend) beigemischt. Nicht selten finden sich im Diluvialsande einzelne beigemengte Steine, sowie schwache oder stärkere Schichten von Grand. Bei der Verwitterung wird zunächst der Kalk ausgelaugt, dann verwittern die Silikate und färben hierbei den Sand schwach gelbbraun. Allmählich überwiegt die Auswaschung durch die Atmosphärilien und gleichzeitig erfolgen Einlagerungen humoser Stoffe. Es sind so in allen diluvialen Sanden drei Zonen zu unterscheiden: zu oberst ein humoser Sand, in dem die Verwitterung fast beendet und der zum Teil seiner Mineralstoffe (ausschliesslich Kieselsäure) beraubt ist. In scharfer Linie von ersterem geschieden, ein gelblicher Verwitterungssand, reich an löslichen, von mittlerem Gehalt an unlöslichen Mineralstoffen, der nach unten allmählich in den als Grundgestein zu betrachtenden gewöhnlichen Sand übergeht.

Der Diluvialsand findet sich in grosser Ausdehnung und bildet die mittleren Klassen des norddeutschen Waldbodens. Die Kiefer findet hier ihren günstigsten Standort, während Eiche, Buche und Hainbuche noch fortkommen; die beiden letzteren zumeist als Unterholz unter der Kiefer.

Das obere Diluvium wird namentlich durch den oberen Diluvialmergel und den aus der Verwitterung desselben hervorgehenden Sand, den oberen Diluvialsand, gebildet.

Der obere Diluvialmergel schliesst sich in seiner Struktur und Zusammensetzung eng an den unteren Mergel an; unterscheidet sich jedoch durch die meist geringere Mächtigkeit, eine hellere gelbliche Farbe und die Art des Vorkommens. Er schmiegt sich der Oberfläche an und folgt allen Krümmungen derselben.

Die Diluvialmergel bedecken einen grossen Teil der diluvialen Hochfläche und tragen namentlich Eiche, Buche und Kiefer; für die letztere als alleinigen Bestand sind die Diluvialmergel jedoch weniger günstig.

Oberer Diluvialsand (Decksand, Geschiebedecksand) geht aus der Verwitterung schwacher Schichten des oberen Diluvialmergels hervor und bildet einen sehr schwach lehmigen, meist sehr steinreichen Sand. In den tieferen Bodenlagen finden sich nicht selten Streifen von Lehm oder auch noch zusammenhängende Lehmplatten vor.

Der obere Diluvialsand ist meist ein ärmerer Boden und trägt fast ausschliesslich mittelmässige Kiefern.

Diluviale Flussablagerungen (früher Alt-Alluvium) finden sich im nordischen Diluvium in grosser Ausdehnung und werden als Talsand und Talgeschiebesand unterschieden.

Talsand, ein steinfreier, sehr gleichmässig mittelkörniger Sand mit humosen Beimengungen in den oberen Schichten; eine Folge der weit fortgeschrittenen Verwitterung und Auslaugung. Der Talsand ist eben gelagert. Forstlich bildet er einen grossen Teil der mittleren Kiefernböden (meist III. Kl.), vielfach mit reichlichem Wachholderunterwuchs; steht in mässiger Tiefe (häufig in etwa 2 m) Grundwasser an, so trägt der Talsand auch noch Laubhölzer.

Talgeschiebesand hat im ganzen die Bestandteile des Diluvialsandes, nur dass durch Wasserfluten alle feineren und namentlich die thonigen Teile ausgewaschen sind. Dementsprechend besteht der Talgeschiebesand vorwiegend aus Quarzsand mit reichlichen Steinbeimengungen. Der Wert eines solchen Bodens ist ein geringer und gehören die Kiefernboden der IV. und V. Kl. überwiegend diesen Ablagerungen an. (Litt. namentlich in den Abhandlungen der preussischen geologischen Landesanstalt, sowie in der Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellschaft.)

Diluvialbildungen der Gebirge finden sich in den Tälern und Vorebenen vieler der höheren Gebirge Europas, am ausgedehntesten jedoch in den Alpen. Grosse Teile der bayerischen Hochebene sind z. B. von alpinen Gletschergebilden bedeckt.

Die Hauptmasse dieser Ablagerungen besteht aus Schotterablagerungen, in denen gröberes und feineres Material wechselt und so eine diskordante Schichtung erzeugt. An vielen Stellen ist auch die Grundmoräne der ehemaligen Gletscher erhalten und entspricht in ihrer Ausbildung dem nordischen Geschiebemergel. Im oberbayerischen Gebiete kann man eine untere Schicht von Geröllen, die sich überwiegend aus Kalken, weniger aus krystallinischen Geschieben zusammensetzt und durch ein kalkiges Bindemittel verkittet ist (diluviale Nagelflue) unterscheiden, die von Geröll- und Sandschichten überlagert wird. Durch Verwitterung ist daraus ein lehmiger Boden entstanden. (Vergl. Penck, Vergletscherung der deutschen Alpen 1882. Leipzig.)

Diluviale Ablagerungen fliessender Gewässer begreifen hier naturgemäss solche Bildungen, die wesentlich ohne Mithilfe von Gletschern entstanden sind. Es sind oft mächtige Schichten von Flussschotter und Sanden. Ausgezeichnete Beispiele sind die ungarischen Ebenen (die kleine ung. Ebene überwiegend reich an grösseren Geschieben von Pressburg bis Gran; die grosse ung. Ebene „Alföld- oder Donau-Theissebene", vorwiegend aus Sand und thonhaltigen Sanden gebildet, von Pest bis nach Siebenbürgen).

Zu den Diluvialbildungen kann man endlich noch die Flussterrassen rechnen, welche als Ablagerungen der früher in höheren Lagen fliessenden Gewässer aufzufassen sind und ebenfalls aus Granden und Sanden sich aufbauen.

Löss ist ein sehr feinkörniger Sand, aus Quarz, Kalk und zerriebenem Gesteinsmehl bestehend. Der Löss ist von heller, gelblicher oder bräunlicher Farbe, gänzlich ungeschichtet und enthält häufig Reste von Landschnecken. Durch Erosion bilden sich sehr steile Abstürze, da der Zusammenhalt des Löss im feuchten Zustande genügt, um der Masse einen mässigen Halt zu gewähren und anderseits die Wässer die feinen Sandteile leicht wegführen.

Der Löss findet sich in unseren Gebieten meist in mässiger Ausdehnung an Flussgehängen (Rhein); in sehr mächtiger Ausdehnung dagegen in den chinesischen Ebenen. Die Mehrzahl der Geologen betrachtet den „Gehängelöss" als Ablagerungen der Flüsse,

deren feinste sandige Bildung er darstellt; für das ausgedehnte chinesische Vorkommen ist dagegen eine Ablagerung durch Wind wahrscheinlich gemacht. (Ueber Löss siehe namentlich die Ber. d. deutsch. geol. Gesellschaft.)

Eine dem Löss nahestehende jedoch stark humose Bildung ist die „Schwarzerde" (Tschernosem), die in den Ebenen Süd- und namentlich Mittelrusslands grosse Flächen bedeckt und den reichsten Ackerboden bildet.

Alluvium. Das Alluvium wird von den humosen Bodenarten (Torf, Moor u. s. w.), Ablagerungen des Wassers (Flussschotter, Flusssand, Auethon, Meeres- und Flussschlick) und von denen des Windes (Dünen, Flugsand, vielleicht Heidesand) gebildet.

Flussschotter sind recente Ablagerungen im Gebiete der Flüsse und schliessen sich daher eng an die gleichartigen Diluvialbildungen an, von denen sie sich durch den meist weniger tief anstehenden Grundwasserspiegel unterscheiden.

Flusssand sind gleichmässig mittelkörnige Sande mit reichlich beigemischten humosen Stoffen (5—15% Humus). Die Flusssande sind namentlich im nordischen Flachlande verbreitet. Durch das flach anstehende Grundwasser (meist in 1 m Tiefe) gehören die Flusssande in der Regel zu den günstigeren Alluvialböden.

Marsch- und Aueboden; der erstere lagert sich an den Meeresküsten ab. Durch die einmündenden Ströme werden die feinsten schlämmbaren Gesteinsreste in das Meer geführt und gelangen an den flacheren Küstenstreifen, untermischt mit organischen und anorganischen (namentlich kalkhaltigen) Organismenresten zur Ablagerung. Der Marschboden ist ein fetter, dunkel gefärbter Boden von höchster Fruchtbarkeit. Er wird nur zu landwirtschaftlichen Zwecken genutzt. Um dem Meere neue Flächen abzugewinnen, befördert man die Ablagerung des Schlick durch Zäune u. dergl. (Polder, einpoldern). Ist die Ablagerung soweit fortgeschritten, dass die Flächen von der gewöhnlichen Flut nicht mehr bedeckt werden, so siedeln sich zunächst Salicornia herbacea (Queller) und Salsola kali (Salzkraut) an, denen erst später andere Salzpflanzen, namentlich Aster tripolium und endlich Gräser folgen.

Die Aueböden, auch wohl als Flussmarschen bezeichnet, bilden sich durch den Absatz der Schlickmassen des Flusswassers bei Ueberschwemmungen. Auch hier kommt ein thonreicher, mit humosen Stoffen innig gemischter Boden zur Ablagerung, der von hoher Fruchtbarkeit ist, durch die wiederkehrenden Ueberschwemmungen und reichen Feuchtigkeitsgehalt jedoch nur einer Anzahl von Baumarten zusagt. So fehlen Buche, Ahorn und Nadelhölzer fast völlig, während Esche, Erle und Pappel, an den trockeneren Stellen Eichen einen vorzüglichen Standort finden.

Aueböden, die von Flüssen abgelagert werden, die aus Gebirgen von Kalk und Silikatgesteinen ihren Ursprung nehmen, sind fruchtbarer und reicher als solche aus Sandgebieten; so sind nach Grebe die Aueniederungen der Saale viel günstiger als die der Elbe.

Heidesand ist eine namentlich auf den Höhenrücken des nordischen Flachlandes verbreitete Ablagerung von steinfreien, feinkörnigen, jedoch nur selten fast mehlartigen Sanden, die ganz überwiegend aus Quarz gebildet werden und dementsprechend sehr unfruchtbar sind. Der Heidesand füllt überwiegend die flachen Vertiefungen und Mulden jener Höhenzüge; er ist im hohen Grade der Auswaschung durch Regen- und Schneewasser ausgesetzt und zumeist von Ortstein unterlagert. Im Heidesande finden sich oft äusserst feinkörnige, fast thonartige Ablagerungen von weisser Farbe, Heidelehm (weisser Ortstein nach Emeis). Diese Bildung täuscht nicht selten, indem sie einen besseren Boden, wohl auch Mergel vermuten lässt, trotzdem aber ganz überwiegend aus Quarzmehl besteht.

VI. Organismen und organische Reste des Bodens.

Die Eigenschaften und Zusammensetzung der Böden wird durch die Tätigkeit lebender Organismen stark beeinflusst. Ausser der vorhandenen Pflanzendecke sind namentlich die chlorophyllfreien Lebewesen bedeutsam: Spaltpilze (Bakterien), Fadenpilze und die im und auf dem Boden lebende Tierwelt. Allen gemeinsam ist, dass sie nicht organische Substanz produzieren, sondern für ihren Lebensprozess auf deren Zersetzung angewiesen sind. Grössere Tiere wirken ferner durch grabende und wühlende Tätigkeit im Boden und durch ihre Ausscheidungen.

§ 32. 1. Säugetiere. Eine Anzahl Tiere durchwühlen den Boden nach Nahrung (Schweine, Maulwürfe), lockern oder festigen den Boden durch den Tritt ihrer Hufe (Wiederkäuer, Pferde) oder graben sich Löcher und Höhlen zur Wohnung (Hamster, Ziesel, Mäuse u. s. w.).

Für den Wald ist die Tätigkeit der Schweine am wichtigsten, welche durch Umbrechen u. s. w. den Boden lockern und ihn physikalisch verbessern. Rindvieh, Schafe, Wild zerstören durch ihre Tritte geschlossene Humusschichten; Mäuse legen ihre Gänge gern an der Grenze zwischen Rohhumus und Mineralboden an und befördern hierdurch Zersetzung dichtgelagerter Humusschichten. Bedeutsam ist die Umlagerung des Bodens durch Maulwürfe. Im Steppengebiet sind die höhlenbewohnenden Tiere, zumal Ziesel u. and. wichtig für Bodenumlagerung.

§ 33. 2. Niedere Tiere. Die im Boden lebenden niederen Tiere scheinen die hauptsächliche Veranlassung der Mischung der Humusstoffe mit den Mineralteilen zu sein. Ferner tragen sie durch Zernagen der Abfallstoffe und durch ihre Fäkalien zur Humusbildung wesentlich bei; ihre wühlende und grabende Tätigkeit ist ein wichtiger Faktor zur Bildung günstiger physikalischer Bodeneigenschaften.

Alle niederen erdlebenden Tiere wirken gleichmässig nach diesen Richtungen, dahin gehören Insektenlarven, Tausendfüssler, Schnecken, Crustazeen, Würmer u. s. w. Die umfassendste Arbeit leisten die Regenwürmer, die auch am eingehendsten studiert sind (Darwin, P. E. Müller, Hensen, Wollny u. and.).

Die Regenwürmer sind Omnivoren. Sie verschlingen mit ihrer Nahrung Erde und feinkörnige Mineralbestandteile und scheiden diese in ihren Fäkalien wieder aus, welche sie in Form von gewundenen, kugeligen Häufchen am Eingang ihrer Röhren absetzen. Nach Darwin besteht die humose Bodenschicht überwiegend aus mehr oder weniger zerfallenem Kot der Regenwürmer; auf Wiesen und in feuchten Lagen ist dies auch tatsächlich der Fall. Müller legt, und wie die Versuche Wollny's beweisen, mit Recht mehr Gewicht auf die wühlende und grabende Tätigkeit jener Tiere. Im Waldboden fördern die Regenwürmer die Krümelung der Böden; sie treten in sehr wechselnden Mengen auf; finden sich in Lehmböden oft reichlich; in Sandböden sind sie in der Regel sparsam vorhanden oder fehlen auf trockneren Stellen ganz.

Bei Bedeckung des Bodens mit dicht gelagertem Rohhumus fehlen die Regenwürmer. Es scheint, dass sie ebensowohl eine günstige Struktur des Bodens fördern, wie bedürfen. Die Annahme, dass im Boden vorhandene Humussäuren (auch Quellsäure) den Regenwürmern schädlich seien, hat sich nicht bestätigt; dagegen sind sie äusserst empfindlich gegen Austrocknen, wie sie sich überhaupt in ihrer Organisation den wasserlebenden Tieren nähern. Dicht gelagerte und im Sommer austrocknende Humusschichten (Rohhumus) meiden die Regenwürmer, wie sie auch im Walde auf graswüchsigen Böden nur auf feuchten Stellen vorkommen. In trockenen Wäldern flüchten die Würmer unter etwa vorhandene Gebüsche der Laubhölzer, wo sie oft in sehr grosser Zahl anzutreffen sind. Müller schreibt der „Uebererdung“ der Pflanzen im Walde,

namentlich im Buchenwalde infolge der Tätigkeit der Würmer eine gewisse Bedeutung zu.

§ 34. 3. Niedere Pflanzen. Fadenpilze und Bakterien sind im Boden in sehr grosser Zahl vorhanden. Das relative Verhältnis beider ist zumeist von der Reaktion des Bodens abhängig. In neutralen oder schwach alkalisch reagierenden Böden überwiegen Bakterien; in sauer reagierenden die Fadenpilze. Unter Bedingungen, welche beiden Reihen günstig sind, finden sie sich oft in staunenswerten Mengen vor.

Gute locker gelagerte Waldböden sind sehr reich an Bakterien; wie es scheint, ist zwischen Lehm- und Sandböden kein wesentlicher Unterschied vorhanden. Moorböden scheinen überwiegend andere Bakterien-Arten zu beherbergen als Mineralböden. Die oberste lebende Schicht der Hochmoore ist ebenfalls reich an niederen Organismen. Von Fadenpilzen finden sich dort überwiegend Schimmelpilze. Die niederen Organismen sind die hauptsächlichen Träger der Verwesung, d. h. der Zersetzung organischer Abfallstoffe in einfache Verbindungen. Die Hauptarbeit scheint hierbei den Bakterien zuzufallen, während die Schimmelpilze die Bildner der dunkel gefärbten humosen Stoffe zu sein scheinen (Hoppe-Seyler, Kostytschew).

Besondere Wichtigkeit erlangen einzelne Arten von Bakterien durch Produkte ihrer Lebenstätigkeit; so wird Harnstoff in Ammoniak umgewandelt, das Ammoniak durch das Salpetersäure-Bakterium (Nitrosomanos) in Salpetersäure übergeführt; Salpetersäure wieder zu salpetriger Säure und zu freiem Stickstoff reduziert. Andere Bakterien scheiden Eisenverbindungen aus ihren Lösungen ab (Crenotrix); oder reduzieren Schwefelverbindungen (Beggiatoa).

§ 35. 4. Verwesung. Die Zersetzung der organischen Abfallreste, also der abgestorbenen Teile der Tiere und Pflanzen ist verschieden, je nachdem atmosphärischer Sauerstoff mitwirkt oder nicht. Im ersteren Falle treten Oxydationsprozesse auf, die man als Verwesung, im letzteren Reduktionsprozesse die man als Fäulnis bezeichnet.

Bei der Verwesung werden die organischen Stoffe in sehr einfache Verbindungen übergeführt; als Endprodukte treten auf: Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, bez. Salpetersäure und selbst freier Stickstoff; Aschenbestandteile. Die Verwesung führt also zu einer völligen Zerstörung der organischen Substanz.

Durch Erhitzen auf höhere Temperatur, Zusatz von antiseptischen, die niederen Organismen tötenden Mitteln wird die Verwesung fast völlig aufgehoben. Da anderseits bekannt ist, dass niedere Organismen befähigt sind, ihren Lebensprozess auch mit sehr einfach gebauten organischen Verbindungen zu unterhalten und wohl kein Produkt des Stoffwechsels, welches noch der Umbildung in die oben genannten einfachen Verbindungen fähig ist, nicht auch von einzelnen niederen Organismen verarbeitet werden kann, so ist der Schluss gerechtfertigt: Verwesung ist die Zerstörung organischer Stoffe und deren Ueberführung in einfache Verbindungen durch die Lebenstätigkeit der Organismen.

Alle chlorophyllfreien Lebewesen, von der Bakterie bis zum Menschen, zerlegen organische Stoffe zur Erhaltung des Lebensprozesses und führen sie hierdurch in einfacher zusammengesetzte Verbindungen, z. T. direkt in Kohlensäure und Wasser (Atmung) über. Die Zahl der in dieser Richtung tätigen Organismen ist von der vorhandenen Nahrung abhängig. Es stellt sich hierdurch ein gewisses Gleichgewicht zwischen Bildung von organischer Substanz durch die Pflanzen und Zerstörung durch chlorophyllose Organismen heraus.

Ist die Verwesung wesentlich auf den Lebensprozess niederer Pflanzen zurückzuführen, so muss sie auch den allgemeinen Bedingungen des Pflanzenlebens unterliegen

und wie dieses von günstigen und ungünstigen äusseren Verhältnissen beeinflusst werden. Notwendig sind:

a) genügende mittlere Feuchtigkeit;

b) genügende Höhe der Temperatur;

c) Zutritt von atmosphärischem Sauerstoff;

d) Gegenwart von Stickstoffverbindungen und Nährsalzen;

e) Abwesenheit schädlich wirkender Stoffe.

a) Feuchtigkeit. Gegenwart von Wasser ist für die Verwesung notwendig; bei mittlerem, je von der Natur der Substanz und der Bodenart abhängigen Wassergehalt schreitet die Zersetzung am raschesten voran; Uebermass von Wasser setzt sie infolge verminderten Zutritts von Sauerstoff herab.

In lufttrockenen organischen Stoffen wie Laub, Nadeln, Boden ist die Verwesung nahezu oder völlig aufgehoben. In stark gelichteten Wäldern, auf vorspringenden Kuppen, an Waldrändern trocknet die Oberfläche der Böden stark aus. Pflanzliche Reste verwesen in der warmen Jahreszeit nicht infolge Mangel an Wasser, während der kalten Jahreszeit nicht infolge niederer Temperatur. Gleichzeitig ist auch das Tierleben im Boden unter solchen Umständen herabgesetzt, es tritt dann leicht Bildung von wenig zersetztem, faserigem Humus (Rohhumus) auf.

b) Temperatur. Unter dem Gefrierpunkte ist die Verwesung nahezu aufgehoben; bei 0° sehr gering, steigt sie, soweit Beobachtungen vorliegen, zunächst rasch, dann langsamer mit der Temperatur, um endlich bei hohen Graden wieder abzunehmen. Bei den auf der Erde vorkommenden Temperaturgraden wird diese obere Grenze überhaupt nicht oder nur unter ganz ausnahmsweisen Umständen erreicht (an der freien Bodenoberfläche in Steppen und Wüsten). Es gilt daher die Regel: In der Natur steigt bei sonst günstigen Verhältnissen die Schnelligkeit der Verwesung mit der Temperatur.

Im grossartigsten Massstabe zeigt dies die Erdoberfläche; in den kalten Klimaten ist die Verwesung gering, steigt allmählich in den gemässigten und wird in warmen Klimaten sehr gross. Humusablagerungen sind entsprechend in kalten Gebieten allgemein verbreitet, in den kühleren gemässigten Zonen noch reichlich vorhanden, fehlen aber in den wärmeren und warmen Zonen fast völlig.

Neben den Einwirkungen der Niederschläge sind es zumeist die Vorgänge der Verwesung und der Humusbildung, welche die Böden verschiedener Klimate charakterisieren.

Niedere Temperatur bei reichlichen Niederschlägen führt häufig zur Rohhumusbildung im Walde, die ihre grösste Bedeutung in Europa im Norden, den Küstengebieten der Nord- und Ostsee, sowie auf den höheren Lagen der Mittel- und Hochgebirge erlangen. Bereits in den milderen Lagen Mitteleuropas haben sie kaum noch Einfluss und fehlen in Südeuropa völlig.

c) Sauerstoff. Da die Verwesung ein Oxydationsvorgang ist, so bedarf sie des Zutritts des atmosphärischen Sauerstoffs. Im allgemeinen genügt aber schon ein mässiger Gehalt (8—10% der Luft), um einen raschen Verlauf herbeizuführen, der sich bei Gegenwart grösserer Mengen nur unwesentlich steigert.

Allgemeine Bedeutung gewinnt Abwesenheit des Sauerstoffs nur bei Ueberschuss an Wasser und unter Wasser; die Beschränkung der Moore auf kühlere Gebiete zeigt aber, dass auch hier zunächst die Temperatur entscheidet und Mangel an Sauerstoff erst sekundär in Wirkung tritt.

d) Nährsalze. Die niederen Organismen bedürfen für ihrer Lebensprozess des Stickstoffs und bestimmter Mineralstoffe in gleicher oder doch ähnlicher Weise wie die

höheren Pflanzen. Die Geschwindigkeit der Verwesung ist daher in nährstoff-, namentlich stickstoffreichen Abfallstoffen gesteigert gegenüber nährstoffarmen Produkten. So verwesen grüne Pflanzenteile, die meisten tierischen Reste u. dergl. schneller als Holz oder ähnliche Stoffe.

Auch der Gehalt der Bodenarten an löslichen Mineralstoffen macht sich geltend; auf armen Böden ist die Verwesung in der Regel stark herabgesetzt, es wirken hier jedoch noch andere Faktoren ein.

Von den anorganischen Stoffen ist namentlich der Kalk von Bedeutung. Aetzkalk wirkt eher ermässigend auf die Zersetzung ein, seine Bedeutung als Zusatz zu Komposterden beruht mehr auf seiner chemischen Wirkung, indem wasserhaltige Silikate gebildet und so der Boden verbessert wird. Kohlensaurer Kalk steigert die Zersetzung, zumal in Böden, welche saure Reaktion zeigen. Nach Versuchen von Wollny (a. a. O. S. 268) verwesen die Verbindungen der Humusstoffe mit Kalk (humussaurer Kalk) mehr als doppelt so rasch als die reinen Humussäuren. Die Bezeichnung der Kalkböden als „zehrende", d. h. solche, welche die organischen Stoffe zur raschen Zersetzung bringen, findet hierdurch eine einfache Erklärung.

Die Verwesung verläuft bei den verschiedenen organischen Stoffen sehr verschieden rasch, die der wichtigeren Stoffe etwa in folgender absteigenden Reihe: Knochenmehl, Fischguano, Geflügelkot, Getreidestroh, Stallmist, Gründünger, Waldstreu, Torf.

Die Verwesung der Körper geht nicht gleichmässig voran. In der ersten Zeit erfolgt dieselbe viel rascher, bis die leichter zersetzbaren Stoffe zerstört sind, als später. Für einige Waldstreusorten mögen hier einige Zahlen folgen.

Bei gleicher Menge der verwesenden Stoffe entwickelten sich Volume Kohlensäure:

	Eichenblätter	Buchenblätter	Fichtennadeln	Kiefernnadeln	Sägemehl	Torf
1. Tag	15.913	13.214	15.238	13.924	8.111	5.504
2. „	13.398	10.305	13.140	12.688	7.138	4.571
3. „	6.817	6.652	9.074	10.165	4.527	3.046
4. „	5.832	5.494	8.132	8.632	4.377	2.221
5. „	4.469	3.969	6.946	7.718	4.048	1.731
6. „	4.114	3.386	5.996	6.491	3.502	1.238
Mittel	8.424	7.170	9.421	9.936	5.284	3.052

Eine Entfettung der organischen Stoffe bewirkt keine Steigerung der Verwesung, wohl aber wirken die im Boden, namentlich im Torf und auf geringem Sandboden enthaltenen Harze, die sog. „Erdharze", in hohem Grade ungünstig ein. Torf von denselben befreit (er enthält bis 5% davon) zersetzt sich doppelt so rasch als im ursprünglichen Zustande. Auf die Gegenwart, bez. die Bildung harzartiger Körper ist vielleicht auch das ungünstige Verhalten des sogenannten „toten oder kohligen" Humus in dem Sandboden armer Kiefernreviere und der Heiden zurückzuführen.

Mit der Zersetzung der kohlenstoffhaltigen Pflanzenreste verläuft in allen Punkten wesentlich gleichartig die der stickstoffhaltigen Bestandteile des Bodens und die Ueberführung derselben in Ammoniak. Auch hier ist die Angreifbarkeit der vorhandenen Verbindungen zu berücksichtigen. Während einzelne derselben, namentlich Eiweissstoffe, rasch umgewandelt werden, widerstehen andere hartnäckig jedem Angriff. So ist es möglich, dass der Humus stickstoffreicher als die ursprüngliche Pflanzensubstanz ist; Torf enthält oft über 2% gebundenen Stickstoff, und ist trotzdem bei landwirtschaftlichem Betriebe dankbar für eine Stickstoffdüngung, eine Folge der geringen Zersetzbarkeit jener Körper.

e) Schädliche Stoffe, d. h. solche Verbindungen, welche den Lebensprozess der niederen Organismen ungünstig beeinflussen, können unter Umständen die Verwesung

sehr herabsetzen oder selbst völlig aufheben.

In der Natur kommen wesentlich nur die Humussäuren in Frage. Beobachtungen im Walde lehren, dass die relative Anzahl der Bakterien und Fadenpilzen durch die Bodensäuren stark beeinflusst wird. Die grosse Anzahl der Bakterienarten bevorzugt neutrale oder schwach alkalische Nährböden; in sauer reagierenden gedeihen jedoch die Fadenpilze noch ganz gut.

Manche Bakterien bilden allerdings Säuren, so z. B. Essigsäure, Buttersäure, Milchsäure; es ist sogar wahrscheinlich, dass auch die Bodensäuren überwiegend Produkte von Bakterien sind; aber dies kann die allgemeine Regel nicht umstossen, dass auf sauren Böden Fadenpilze, auf neutralen oder alkalischen die Spaltpilze vorherrschen. Hierdurch wird die Humusbildung stark beeinflusst, und es ist nicht zufällig, dass sauer reagierende Bodenarten auch zugleich zur Bildung von Rohhumus neigen.

§ 36. 5. **Fäulnis.** Die Zersetzung der organischen Stoffe bei Mangel oder Ausschluss von Sauerstoff bezeichnet man als Fäulnis. Bei der Fäulnis wird Wasser und Kohlensäure ausgeschieden, während ein noch oxydierbarer Rest der organischen Substanz zurückbleibt. Es können dies sowohl Gase (Wasserstoff, Sumpfgas), als auch flüssige oder feste organische Verbindungen sein; in der Regel sind es dunkel gefärbte mehr oder weniger humose Stoffe.

Die Fäulnis kann unter Mitwirkung niederer Organismen, wie bei Abwesenheit derselben vor sich gehen.

Es sind eine ganze Anzahl Bakterienarten bekannt, die zu ihrem Lebensprozess des atmosphärischen Sauerstoffs nicht bedürfen, ja sogar denselben nicht zu ertragen vermögen (anaërobe Bakterien); wohl noch zahlreicher sind die Arten, welche nur sehr wenig Sauerstoff verlangen oder doch bei sehr vermindertem Zutritt noch gedeihen können. Diese Organismen verarbeiten den gebundenen Sauerstoff der organischen Substanz.

Typische Beispiele für Fäulnis durch Organismen sind die Entwicklung von Wasserstoff und Sumpfgas (Methan CH_4) in stehenden Gewässern, wie überhaupt die grosse Anzahl der als „Gährung“ bezeichneten Vorgänge.

Der Fäulnis unterliegen besonders stickstoffreiche Abfallstoffe, sie tritt ferner in allen Gewässern, welche grosse Mengen organischer Stoffe enthalten, zumal in den Mooren und Sümpfen auf.

Die Untersuchung der Torfsubstanzen, welche in tieferen Lagen keine Organismen führen, oder deren Vorkommen auf kleine Stellen (Wasseradern) beschränkt ist, zeigt jedoch, dass neben den Umsetzungen, welche durch Organismen bewirkt werden, andere verlaufen, die man mit vollem Recht den Fäulnisprozessen parallel stellen kann. Die organische Substanz reichert sich fortgesetzt an Kohlenstoff an, während Wasserstoff und Sauerstoff austreten. Am richtigsten fasst man diesen Vorgang, wenigstens in der Hauptsache, als Abspaltung von Wasser auf, wenn auch daneben noch andere Prozesse (Bildung von Kohlensäure, Sumpfgas u. dergl.) verlaufen.

§ 37. 6. **Die Produkte der Verwesung und Fäulnis. Humusbildung.** Die Verwesung führt zur vollständigen Zerstörung der organischen Substanz; dieser Prozess verläuft langsam und es entstehen eine grosse Anzahl wenig bekannter Zwischenprodukte von brauner bis schwarzer Farbe, welche man als „Humusstoffe“ bezeichnet.

Die Rückstände der Fäulnis der Pflanzenreste sind ähnlich und werden den Humusstoffen zugerechnet.

Humusstoffe können aus den verschiedensten Stoffgruppen entstehen; ihre Bildung

ist nachgewiesen aus Kohlehydraten, Eiweiss, Gerbstoff u. s. w., aus denen man sie künstlich herstellen kann.

Die chemische Unterscheidung der einzelnen Humusstoffe ist noch sehr wenig fortgeschritten, da sie der Untersuchung aussergewöhnliche Schwierigkeiten bieten. Das wichtigste bisher bekannte lässt sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1) Es giebt stickstoffhaltige und stickstofffreie Humusstoffe. Ihr Gehalt an Stickstoff ist z. T. von der Substanz, aus der sie entstanden, beeinflusst. Humusstoffe verbinden sich leicht mit Ammoniak, der teilweise in das Molekül eintritt.

2) Die in der Natur vorkommenden Humusstoffe lassen sich in zwei Gruppen einteilen, wobei eine Unterscheidung in braune (Ulminverbindungen) und schwarze (Huminverbindungen) nicht fest zu halten ist.

a) Humussäuren (Huminsäuren), dunkel gefärbte, in Alkalien und kohlensauren Alkalien lösliche, durch stärkere Säuren wieder ausfüllbare Stoffe vom Charakter schwacher Säuren. Mit den Alkalien bilden sie lösliche, mit alkalischen Erden (Kalk) und den andern Elementen unlösliche Verbindungen (die sog. humussauren Salze).

b) Humin. Dunkel gefärbt, unlöslich, gehen bei längerer Behandlung mit Alkalien unter Aufquellen in Humussäuren über.

Alle Humuskörper sind amorph und quellbar, schliessen sich also den Colloidsubstanzen in ihrem Verhalten an.

In reinem Wasser (nicht in salzhaltigem) sind die Humussäuren etwas löslich und erteilen dem Wasser eine bräunliche Färbung. Alle an Alkali reichen Wässer (aus Graniten, Gneissen, Schiefergesteinen etc.), sowie aus Mooren austretende sind schwach bis deutlich braun gefärbt, alle kalkreichen Gewässer sind ungefärbt.

Ausserdem finden sich im Boden noch andere, vielfach auch den Humussäuren zugerechnete, aber von ihnen wesentlich abweichende Säuren, deren wichtigste die Quellsäure ist, deren Salze mit Ausnahme der Thonerdeverbindung löslich sind. Die Quellsäure scheint die Hauptmenge der in den Böden vorhandenen freien Säuren auszumachen, die für Verwitterung wie Auswaschung, sowie für das Pflanzenleben eine sehr grosse Bedeutung haben, namentlich auch Kalk lösen und wegführen. Die Abfälle des Waldes scheinen besonders reich an Säuren zu sein, oder diese doch unter dem Schutze des Waldes gern zu entstehen.

Pflanzliche Reste, welche man der allmählich fortschreitenden Verwesung überlässt, werden brüchig, sind dunkel gefärbt, aber die Struktur bleibt erhalten. Die Verteilung, welche der Humus des Bodens zeigt und seine Mischung mit Mineralteilen, ist wahrscheinlich eine Folge der Tätigkeit des Tierlebens.

Was als Humus bezeichnet wird, ist demnach kein einheitlicher Körper, sondern ein Gemisch sehr zahlreicher Verbindungen. Ein mehr oder minder grosser Teil besteht aus wenig oder nicht zersetzten Pflanzenstoffen und zeigt noch organisierte Struktur. Ein anderer Teil ist als Humin vorhanden, der Rest besteht aus freien oder gebundenen Säuren.

Bei der Bestimmung des Humus muss man diese Zusammensetzung berücksichtigen. Man kann unterscheiden a) die in verdünnten Alkalien (Ammoniak) direkt löslichen Stoffe (Humussäuren); b) die nach Behandlung mit verdünnter Salzsäure in Alkalien löslichen Stoffe; (beide bezeichnet man nach Grandeau als matière noir) und c) die bei dieser Behandlung zurückbleibende wenig zersetzte Pflanzensubstanz.

Träger der wichtigsten chemischen und physikalischen Wirkungen des Humus im Boden sind die unter a und b genannten.

Für alle Böden ist ein Gehalt an freien Säuren unerwünscht, oft schädlich. Ueber

ihre Gegenwart unterrichtet man sich durch die Reaktion des Bodens (mit Lakmuspapier). Eine gute Probe ist von Schütze angegeben. Man schüttelt den Boden in einem Probierrohre mit verdünnter Ammoniakflüssigkeit. Alle an Humussäuren reichen Bodenarten und jene, in denen die Humusstoffe nicht gebunden sind, geben dunkel gefärbte Lösungen. Je nach Menge der angreifbaren Humusstoffe erhält man hellgelblich bis braunschwarz gefärbte Flüssigkeiten.

Die Abfälle mancher Pflanzen bilden reichliche Mengen von Humussäuren, namentlich gilt das von Heide und den Beerkräutern, von den Waldbäumen sind Buche und Fichte der Bildung jener Stoffe günstig; weniger Eiche und Kiefer.

Nach Gegenwart oder Fehlen der Humussäuren unterscheidet man *sauren* oder *milden Humus*; spricht auch wohl von „*kohligem*" Humus armer Sauerböden; ferner je nach den Pflanzen, aus denen die Hauptmenge gebildet wurde, von *Heidehumus*, *Buchenhumus* u. s. w.

§ 38. 7. *Auf dem Trocknen gebildete humose Stoffe und deren Ablagerungen.* Die Humusbildung ist nach den vorhergehenden Paragraphen die Folge des Einflusses von biologischen und chemischen Prozessen. Die ersteren werden vom Klima im höchsten Grade, weniger stark von örtlichen Verhältnissen beeinflusst. Es ist daher verständlich, dass beide für die Schnelligkeit der Zersetzung und die Art der Humusablagerung grosse Bedeutung haben. So ist z. B. die Bildung der Schwarzerden an arides Klima gebunden, bedeutsame Rohhumusbildungen erfolgen nur in Gegenden mit kühler Temperatur und reichlichen Niederschlägen.

Eine Form der Ablagerung des Humus kann daher für einzelne Gegenden von grundlegender Bedeutung sein, welche in andern kaum oder gar nicht ins Gewicht fällt (z. B. Rohhumus für Nordeuropa und Gebirge vom höchsten Einfluss, ist in den wärmeren Lagen Mitteleuropas schon ohne Bedeutung und fehlt in den wärmeren Gebieten).

In den für uns wesentlichen Gebieten lassen sich die humosen Bildungen einteilen:

a) *Mullboden. Lockere, gekrümelte Bodenarten von wechselndem, meist mässigem Humusgehalt. Ausgezeichnet durch rasche, gleichmässige Zersetzung der organischen Abfälle und reiches Tierleben. Im Walde lagert die Streuschicht locker, d. h. die einzelnen Bestandteile nicht unter einander verbunden, auf dem Mineralboden. Die tieferen Bodenschichten setzen nicht scharf von einander ab und gehen scheinbar vielfach in einander über.*

Die Mullböden sind die Form der guten, „gesunden" Böden, die Abfallreste der Wälder zersetzen sich in 1—2 Jahren. Natürliche Verjüngung geht leicht und gut vor sich.

b) *Rohhumus. Die Humusschicht ist dicht und fest zusammengelagert und oft von dichter, wenig zersetzter Streuschicht überdeckt. Die Grenze zwischen humoser Schicht und Mineralboden ist zumeist scharf; die tieferen Bodenschichten schneiden deutlich von einander ab.* In der Regel *wird die Humusschicht von hell gefärbtem „ausgebleichtem"* (eisenfreiem) *Boden unterlagert.*

Diese Form zeigt ungünstige Beeinflussung des Bodens an; sie entsteht, wenn die Bedingungen der Zersetzung der organischen Abfallstoffe verlangsamt werden und ist fast stets mit dem Auftreten von Humussäuren verbunden.

Natürliche Verjüngung in Wäldern mit dieser Humusform bereitet Schwierigkeiten oder ist überhaupt nicht mehr oder nur in langen Zeiträumen zu erwarten. Anspruchsvollere Baumarten, namentlich Laubhölzer versagen.

Die Mullböden sind Gebiete der Bakterienflora und eines reichen Tierlebens; in Rohhumusböden überwiegen die Faden-

pilze; die Tierwelt ist wenig vertreten; Regenwürmer fehlen.

Rohhumus kann durch alle Bedingungen, welche die Verwesung herabsetzen, gebildet werden, also durch Trocknis, Uebermass an Wasser, niedere Temperatur; an Nährstoffen arme Böden unterliegen der Rohhumusbildung viel eher als reichere.

Zwischen Mull- und Rohhumusböden giebt es zahlreiche Uebergänge. Es lassen sich unterscheiden

a) die Bestandteile der Streudecke sind unter einander durch Pilzmycel versponnen. In Laubholzwäldern lassen sich oft grosse Stücke der Bodendecke abreissen. Regenwürmer sind sparsam vorhanden oder fehlen bereits.

b) Unter der zusammengesponnenen Streudecke findet sich eine Schicht dicht gelagerter humoser, aber stark zersetzter, erdartiger Masse.

c) Die unter der Streudecke lagernde humose Schicht ist faserig, trocknet im Sommer stark aus

d) Die humose Schicht wird mächtiger, torfartig, die Abfallreste des Waldes sind noch nach ihren pflanzlichen Bestandteilen zu erkennen.

Je nach den hauptsächlich zur Bildung des Rohhumus beitragenden Pflanzen ist die Beschaffenheit des Rohhumus etwas verschieden; so bildet Buche dunkelbraune, meist faserige, oft mit stärker veränderten Teilen durchsetzte Massen. Die Heide in mächtigen Schichten blauschwarze, speckige Ablagerungen. Der Rohhumus der Heidelbeere steht dem der Buche nahe; Preisselbeere liefert heller gefärbte, braune oder graue Ablagerungen.

Rohhumus bildet sich unter verschiedenen Beständen und Bodendecken mehr oder weniger leicht. Man kann folgende absteigende Reihen angeben: Buche, Fichte, Eiche, Kiefer und Heide, Preisselbeere, Heidelbeere, Farnkraut, Moose (namentlich die Polster bildenden Arten).

Mit Ablagerung von Rohhumus gehen Veränderungen des Bodens Hand in Hand. Die lockere, krümelige Beschaffenheit verschwindet; die oberen Bodenlagen werden an löslichen Bestandteilen erschöpft und hierdurch treten die in jedem Boden vorhandenen Schichten schärfer und erkennbarer hervor. Ein wichtiger Faktor der Bodenbildung, reiches Tierleben, wird gemindert oder vernichtet.

Die Wurzelausbildung der Bäume ist im Mullboden und im Rohhumusboden verschieden; im ersteren dringen die Wurzeln in die Tiefe, im letzteren bleiben sie an der Oberfläche und durchziehen die humosen Ablagerungen dicht mit feinen Faserwurzeln. Die Beerkräuter bilden zumeist ein dichtes Wurzelgeflecht an der Grenze zwischen Mineralboden und auflagerndem Humus.

Auf die Entwicklung des Bestandes wirken stärkere Rohhumusschichten wenig günstig ein, namentlich sind Laubhölzer, ist vor anderen die Buche dagegen empfindlich. Nadelhölzer werden weniger beeinflusst und entwickeln in ihrer Jugendzeit die Wurzeln mit Vorliebe im Rohhumus, sind jedoch der Trocknis stark ausgesetzt. Mit Mineralboden gemischt oder auch bei dauerndem mittlerem Feuchtigkeitsgehalt ist die Entwicklung der jüngeren Pflanzen in Rohhumusböden gut, z. T. sogar sehr gut.

Diese Einwirkungen sind noch nicht genügend geklärt. Tatsache ist, dass auf Böden mit Rohhumusbedeckung natürliche Verjüngung fast stets, künstliche ohne Bodenbearbeitung in der Regel versagt. Ferner ist es nicht möglich, bei starken Rohhumusschichten Laubhölzer in trockneren Lagen aufzubringen („Buchenmüdigkeit" der Böden gehört hierher). Auf Buchenrohhumus gedeiht dagegen die Fichte vortrefflich, nicht aber auf Heidehumus, in dem die Kiefer, wenn auch oft nur kümmerlich, noch wachsen kann.

Sind Rohhumusschichten im Walde vorhanden, so kann deren Entwicklung und

Umbildung verschieden sein. Tritt allmähliche, langsam fortschreitende Lichtung des Bestandes ein, so kann Rückbildung in Mullböden unter dem Einfluss günstigerer Verhältnisse stattfinden. Bei Kahlschlag siedeln sich zumeist Gräser an, die mit sehr zahlreichen, feinfaserigen Wurzeln (Angergräser, Festucaarten und namentlich Aira flexuosa) den Rohhumus durchziehen und zu seiner Zersetzung beitragen. Sind die Schichten sehr mächtig, so kann es zur Bildung von Heiden und namentlich zur Versumpfung, d. h. zur Hochmoorbildung kommen. (Die Moore der höheren Gebirgslagen und des Nordens sind vielfach auf diesem Wege entstanden.)

Hilfsmittel gegen Rohhumusbildung sind sorgsame Erhaltung einer mittelstarken Beschattung des Bodens; Schutz gegen aushagernde Winde, Eintrieb von Schweinen, überhaupt Beförderung des Tierlebens im Walde und namentlich Erhaltung gemischter Bestände.

Die Ablagerung stärkerer Rohhumusschichte ist klimatisch bedingt, ebenso die Umbildung in Hochmoor, welche auf einen Teil von Grossbritannien, die Küsten der Nordsee, Skandinavien und Nordostrussland beschränkt ist und nur selten und bei ganz ungünstigen Bodenverhältnissen (z. B. Lausitz) weiter nach Süden geht; ferner sind es die Hochlagen der Mittelgebirge (z. B. Brocken, Erzgebirge, Böhmer Wald, Vogesen und Schwarzwald u. s. w.) und die höheren Lagen der Hochgebirge, welche so entstandene Hochmoore zeigen. In Kalkgebirgen scheinen sie völlig zu fehlen und tritt dort die Ablagerung eines lockeren, erdartigen, sehr fruchtbaren Humus (Alpenhumus nach Ebermayer) ein. Die Hochmoorbildung verläuft in der Weise, dass, oft beeinflusst durch benachbarte tiefer liegende Moorflächen, die Rohhumusablagerungen erhebliche Dicke gewinnen, der Boden vernässt und sich Sphagnen ansiedeln, welche immer üppiger sich entwickeln und die Bäume zum Absterben bringen. Nach mir bekannten Beispielen ist eine Schicht von 30—40 cm lockerer Sphagnumvegetation notwendig, um die Bäume zu töten. In der Regel folgt der in den Gebieten meist herrschenden Fichte eine Kiefernvegetation, ehe die Vernichtung des Waldes eintritt. Im Nordwesten Deutschlands und an anderen Orten kann zunächst die Heide herrschend werden und zur Hochmoorbildung hinüberleiten; es ist dies aber auch in diesen Gegenden eher ein Ausnahmevorgang.

Die Bodenflora der Mull- und Rohhumusböden ist eine wohl charakterisierte. Im Mullboden unter Wald finden sich namentlich Rhizompflanzen (nach P. E. Müller), die edleren Kräuter des Waldes; im ganzen einzelständig vorkommende, zahlreiche Arten. Auf Rohhumusböden treten die einzelnen Arten meist gesellig auf, wenigstens bei hinreichender Belichtung. Im Norden ist Trientalis europaea sehr verbreitet, in den mittleren Gebieten Melampyrum pratense L. Beerkräuter, Heide, Majanthemum bifolium, Aira flexuosa; im Hochgebirge Rhododendorn, dann zahlreiche Moose.

§ 39. 8. Unter Wasser gebildete humose Ablagerungen. Die unter Wasser gebildeten humosen Ablagerungen lassen sich in drei Gruppen bringen: Schlamm, Moor und Torf.

Schlamm bildet sich in fliessenden oder stehenden sauerstoffreichen Gewässern mit schwimmender Vegetation, sowie bei Ueberschwemmungen der Flüsse. Je nach der grösseren oder geringeren Menge beigemischter anorganischer Stoffe bildet der Schlamm zahlreiche Abarten. Charakteristisch für ihn ist die Mischung anorganischer Teile mit pflanzlichen und tierischen Resten. Für die Ablagerungen der stehenden Gewässer hat man die schwedische Bezeichnung „Gyttje“ eingeführt.

In stehenden Gewässern mit schwimmender Flora (Potamogetonarten, Algen, Moose, Seerosen u. s. w.) findet sich reiches Tierleben, welches für seine Nahrung zunächst

auf die Wasserpflanzen angewiesen ist. Die Ausscheidungen der Tiere werden von Bakterien weiter verarbeitet und in feinfaserige, graue Massen umgewandelt, diesen mischen sich die Reste der absterbenden Organismen (Crustazeenpanzer, Diatomeenschalen u. s. w.), sowie zugeführtes anorganisches Material und chemische Abscheidungen (kohlensaurer Kalk, Eisenoxyd) bei. Es entstehen so grau bis braun gefärbte, sehr voluminöse Ablagerungen, die an der Luft zu festen oft fast holzartigen Stücken eintrocknen, oder beim Ueberwiegen des Kalkes „Seekreide“ bilden können. Es entsteht so der Seeschlamm oder Teichschlamm „Gyttje“. Der Gehalt an organischen, humosen Stoffen ist nicht hoch (15—30%).

Bei Ueberschwemmungen der Flüsse wird viel anorganisches Material zugeführt, zugleich aber entwickelt sich ein reiches Pflanzen- (Algen-) und Tierleben auf den überschwemmten Flächen und dieses ist wohl die Hauptursache, dass die Flusstrübe in lockerer, flockiger Form zur Ablagerung kommt (Flussschlamm, Flussschlick). Der Gehalt dieser Bildung an organischen Stoffen ist ungemein wechselnd, unter Umständen sehr gering.

Moor. In stehenden Gewässern und an Flussrändern siedeln sich, zumal wenn die Wassertiefe nicht zu gross ist, Pflanzen an, welche mit ihren Wurzeln unter Wasser bleiben, ihre vegetativen Teile aber über den Wasserspiegel erheben (Schilf, Scirpusarten, Thypha, Sparganium, Butomus und viele andere). Diese Vegetation bildet reichliche Mengen organischer Substanz, viel mehr als die schwimmenden Pflanzen; sie lässt aber noch durch den lichten Stand ihrer Stengel Raum genug für Wassertiere, die in den Horsten jener Pflanzen Schutz und hohe Wassertemperatur finden. Das Tierleben ist ungemein reich, die pflanzlichen Reste werden nach allen Richtungen durchnagt und zerfressen und es bilden sich Ablagerungen organischer Massen, welche mit unbewaffnetem Auge gleichartig erscheinen und pflanzliche Struktur nicht mehr erkennen lassen: Moor oder Moorboden.

Torf. Am Rand wenig tiefer Gewässer oder wenn Moorablagerungen allmählich bis in mässigen Abstand ($^1/_2$—$1^1/_2$ m) von der Oberfläche gelangt sind, wird eine Vegetation herrschend, welche in dichtem geschlossenem Bestande wächst; es sind ganz überwiegend Cyperaceen, namentlich Carex und Scirpusarten. Vielfach findet sich noch Schilf, Moose u. dergl. Zwischen den einzelnen Pflanzen bleibt wenig oder kein Raum zur Entwicklung des Tierlebens. Die absterbenden Reste werden wenig zernagt und bilden humose Ablagerungen mit deutlich erkennbarer Pflanzenstruktur: Torf.

Erreicht allmählich die Torfablagerung die Oberfläche des Wassers, so können sich anspruchsvollere Wiesengräser einfinden; die ursprüngliche Wasserfläche ist in eine Moorwiese umgewandelt.

So entstandene Moore bezeichnet man als Flachmoore, Grünlandsmoore, Wiesenmoore. Sie bilden sich in mineralstoffreichem, namentlich kalkhaltigem Wasser.

Zeitweise überschwemmte Moore behalten dauernd den Charakter der Flachmoore; andere können, zumal durch regelmässige Entnahme des Heus und noch mehr durch langsam fortschreitende Auslaugung der oberen Bodenschichten durch Schnee und Regenwässer an Nährstoffen verarmen, sie bilden sog. „saure“ Wiesen, auf denen Cyperaceen und Moose die Hauptflora sind. Allmählich siedeln sich Pflanzen an, welche im Kampfe mit den anderen Arten nur dort ihr Gedeihen finden, wo sie infolge ihrer Anspruchslosigkeit von jenen nicht bedrängt werden oder durch besondere Organisation auf saurem, nährstoffarmem Boden gedeihen können; dahin gehören namentlich Wollgräser, Molinia coerulea, Torfmoose. Aus dem Flachmoor ist ein sog. „Uebergangs-

moor“ entstanden, welches man als *Flachmoor mit beginnender Hochmoorbildung bezeichnen kann.*

Sind diese Pflanzen erst einmal aufgetreten, so ergreifen sie immer weitere Strecken, überziehen allmählich die ganze Fläche und bilden eine herrschende sehr charakteristische Vegetation; aus dem Flachmoor ist ein *Hochmoor* entstanden.

Die Bezeichnung Flachmoor hängt damit zusammen, dass ihr Vorkommen dem früheren Wasserspiegel entspricht und sie in der Regel in der Mitte oder doch an den tiefsten Stellen am feuchtesten sind. Die Pflanzen der Hochmoore nehmen Wasser in grossen Mengen auf, sind z. T., dies gilt namentlich von den Moosen, besonders den Sphagneen eines fast unbegrenzten Spitzenwachstums fähig. In der Mitte der Moorfläche finden sie zumeist die günstigsten Bedingungen ihres Gedeihens und bilden dort allmählich eine Erhöhung, daher der Name Hochmoor.

Die Vegetation der Hochmoore ist eine sehr charakteristische; ausser den zahlreichen Formen der Sphagneen finden sich noch Eriophorum vaginatum, Scirpus caespitosus, Calluna vulgaris, welche torfbildend auftreten; daneben andere Arten, wie Andromeda polifolia, Vaccinium oxycoccos, Drosera u. s. w.

Das Wasser der Hochmoore hat saure Reaktion und ist immer an gelösten Salzen sehr arm, namentlich arm an Kalkverbindungen.

Zwischen den humosen Ablagerungen des trockenen Bodens und den unter Wasser gebildeten bestehen Beziehungen, die sich in analogen Reihen zum Ausdruck bringen lassen:

	Auf dem Trocknen	Unter Wasser
a) Lockere, mehr oder weniger gekrümmelte Schichten von Gemischen organischer und anorganischer Bestandteile. In der Bildung von Bakterien und Tieren stark beeinflusst:	Mullböden	Schlammablagerungen, Gyttje und Flussschlamm
b) Erdartige bis faserige, nur selten erkennbare Pflanzenreste enthaltende humose Ablagerungen		
a) mit mässigem Einfluss des Tierlebens	Rohhumus	
b) mit starkem Einfluss des Tierlebens		Moor
c) Humose Massen mit erkennbaren pflanzlichen Resten, bei geringer Einwirkung des Tierlebens gebildet.	Manche Rohhumusformen (Trockentorf nach Müller)	Torf der Grünlandsmoore
übergehend in lockere, faserige Massen wenig zersetzter Reste bestimmter Pflanzenarten (Moose, Wollgras, Heide)	Hochmoortorf	Hochmoortorf.

§ 40. 9. *Zusatz. Grundzüge der Moorkultur.* Die grosse Ausdehnung der Moorflächen (Preussen 5,2%, Bayern 0,9%, Oldenburg 18,6% der Bodenfläche), welche z. T. nur sehr geringe Erträge geben, hat in neuerer Zeit zur Ausarbeitung von Methoden der Melioration geführt, welche die „Moorkultur“ zu einem der ertragreichsten und aussichtsvollsten Fortschritte der Landwirtschaft machen.

Die nächste Frage für Besserung der Moore ist eine angemessene Haltung des Wasserstandes. Alle Hochmoore haben im Naturzustand hohen Wasserstand; es ist dies eine Voraussetzung ihrer Entstehung und Erhaltung. Für viele Flachmoore gilt das gleiche; zahlreiche andere haben jedoch in der kalten Jahreszeit Ueberfluss, in der warmen Jahreszeit Mangel an Wasser, wenigstens in den oberen Bodenschichten. Hierdurch wird die Pflanzendecke stark beeinflusst und namentlich die letztgenannten Moore zeichnen sich im Winter durch Nässe, im Sommer durch Trocknis aus, so dass ihre Erträge sehr gering sind. Auf solchen Flächen schädigt die Winterfeuchtigkeit die wertvolleren Wiesenpflanzen, während die Trocknis im Sommer das Wachstum echter Moorpflanzen verhindert. Oft genügt dann eine Regulierung des Wasserstandes und

mässige Düngung, ertraglose Flächen in gute Wiesen umzuwandeln.

Die Entwässerung der Moore erfolgt in der Regel durch offene Gräben, seltener durch Drainage. Gräben vermindern die nutzbare Fläche erheblich (um 8 bis 10% im Durchschnitt), erschweren die Arbeit, sind jedoch billig, durchlüften den Boden gut und geben ohne weiteres eine Uebersicht des Wasserstandes.

Die Entfernung der Gräben muss nach der Tiefe und Beschaffenheit des Moores in Tiefe und Abstand wechseln. Je lockerer, faseriger der Boden ist und je mehr er noch den Charakter organisierter Pflanzensubstanz trägt, um so höher ist die Wasserkapazität und um so näher müssen die Entwässerungsgräben gezogen werden. Je zersetzter, erdartiger der Moorboden ist, um so weiter von einander können die Gräben liegen. In Grünlandsmooren wird man selten unter einen Abstand der Gräben von 20 m herabzugehen brauchen, wird in der Regel mit 25 m auskommen und kann bei kleineren, weniger tiefen Mooren, in denen die Gräben in den Mineralboden einschneiden, auf 30 m und mehr gehen. Im Hochmoor ist stärkere Entwässerung notwendig. Abstand der Gräben von 15—20 m wird in der Regel genügen, unter Umständen muss jedoch auf geringere Entfernung herabgegangen werden.

Die Tiefe der Gräben ist von der Beschaffenheit des Moorbodens, von der Kulturmethode und von der beabsichtigten Nutzung abhängig. Zugleich ist zu berücksichtigen, dass die Moorschichten nach Entwässerung zusammensinken, sich sacken, und dies um so mehr, je tiefer und je lockerer das Moor ist.

Benutzung als Wiese erlaubt geringere Entwässerung als der Anbau von Feldfrüchten (in der Regel soll der Wasserstand nicht erheblich unter $1/2$ m betragen); Sanddeckkultur verlangt stärkere Entwässerung ($1—1^{1}/_{2}$ m).

Drainage bietet Schwierigkeiten bei geringem Gefälle der Vorflut; die Röhren müssen fest gelegt (Kiesschichten, Thon- und Rasenplaggen, auch Bretter als Unterlage) werden, da sie beim sacken des Moores leicht aus der ursprünglichen Lage kommen. Die Röhren sind ziemlich weit zu wählen und tunlichst unter Wasser ausmünden zu lassen, um Verstopfen durch ausgeschiedene Eisenverbindungen zu vermeiden.

Bei allen Entwässerungen sollen die Hauptgräben in der Richtung des stärksten Gefälles liegen und nach Möglichkeit die tiefsten Stellen des Moores durchschneiden. Die Nebengräben münden senkrecht auf die Hauptgräben. Bei den meisten Mooren kann man die Gräben senkrecht einschneiden und braucht sie nicht oder nur mässig abzuböschen.

Untersuchung der Moorsubstanz. Ist die Möglichkeit der Entwässerung der Moorfläche ein Urteil gewonnen, so ist es notwendig, die Untersuchung des Moorbodens auszuführen; zu berücksichtigen sind: Pflanzendecke, chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften.

Pflanzendecke. Bei Hochmoor fällt die Bestimmung der Pflanzendecke wenig ins Gewicht; der Bestand ist meist sehr einheitlich. Bei Flachmooren hat man um so mehr Rücksicht darauf zu nehmen. Zumeist herrschen Cyperazeen vor, vielfach finden sich Moosarten; dazwischen aber fehlen vielfach kleine kümmerliche Pflanzen besserer Gräser und Wiesenkräuter, selbst Klee nicht. Sind die letzteren Arten reichlich vertreten, so bedarf es für Wiesenkultur nur der Entwässerung und Düngung, sowie einer schwachen Einsaat besserer Gräser und Leguminosen. Gründliches Eggen ist ein wesentliches Hilfsmittel, rasche Entwicklung der Grasnarbe zu fördern und namentlich Moose zu zerstören. Vielfach gehen so behandelte Moore in ihrem Ertrage zunächst zurück. Die alte Vegetation der sauren Gräser findet nicht mehr die Bedingungen ihres Gedeihens; die besseren Wiesenpflanzen sind noch nicht genügend erstarkt; in der Regel wird erst im dritten Jahre der volle Ertrag erreicht.

Die chemische und physikalische Untersuchung ist die einzige Methode, um einen sicheren Einblick in die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Moores zu erhalten.

Der Gehalt an Pflanzennährstoffen schwankt in Flachmooren sehr erheblich; sie sind reicher an Mineralstoffen, an Kalk und an Stickstoff als die Hochmoore; in der Regel arm an Phosphorsäure, immer arm an Kali. Im Durchschnitt vieler Analysen giebt Fleischer an:

	Kali	Kalk	Phosphorsäure	Mineralstoffe	Stickstoff
Hochmoor	0,03%	0,25%	0,05%	2,0%	0,8%
Flachmoor	0,10%	4,00%	0,25%	10,0%	2,5%

Die physikalische Beschaffenheit des Moorbodens ist um so günstiger, je erdartiger, zersetzter der Boden ist. Zu berücksichtigen ist die Lockerheit der Lagerung; hierdurch ist in den oberen den Pflanzen zugänglichen Schichten nur eine relativ geringe Stoffmenge vorhanden.

Die Sanddeckkultur (Moordammkultur, Rimpau'sche Moorkultur) beruht darauf, dass man die Oberfläche der Moore mit einer Schicht Sand überführt. Am günstigsten wirken grobkörnige Sande; man wird aber zumeist an das vorhandene Material gebunden sein und kann bei genügender Entwässerung selbst schwach lehmige Sande verwenden.

Die Sanddecke bietet den Pflanzen einen festen Standort, schützt gegen Frostgefahr und Ausfrieren; unter ihr erreicht der Boden rascher höhere Wärmegrade und behält gleichmässige hohe Feuchtigkeit. Diese Kulturmethode verlangt daher stärkere Entwässerung (1—1½ m) und gut zersetztes Moor.

Für die Sanddecke genügt bei Wiesenanlagen 6—8 cm Mächtigkeit, für Ackerfrüchte 12—14 cm. Beim Ackern ist darauf zu achten, dass nicht Moorsubstanz aus dem Untergrunde beigemischt wird, da die Wirkung der Sanddecke um so besser ist, je mehr die physikalische Beschaffenheit von der des Untergrundes abweicht.

Bei Benutzung des Sandes aus dem Untergrund des Moores ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass nicht selten Ausscheidungen von Eisenkies (FeS_2) vorkommen, der an der Luft in Eisensulfat und freie Schwefelsäure verwittert. Man schützt sich gegen diese Gefahr am besten, wenn man Sand aus benachbarten Höhen entnimmt; ist dies nicht angänglich, so entnehme man an möglichst vielen Stellen Sandproben, bringe sie in Blumentöpfe und säe rasch wachsende Pflanzen (Hafer, Kresse) an und beobachte deren Entwicklung; ist Eisenkies vorhanden, so werden die Blätter der Pflanzen gelbfleckig.

An Düngung bedürfen die Grünlandsmoore Zufuhr von Kali und Phosphorsäure; sie sind daher typische Böden für reine Mineraldüngung, die man im Herbst oder zeitig im Frühjahr ausführt. Kainit, 40% Kalisalz und Thomasschlacke sind die wichtigsten Düngemittel. Als durchschnittliche Düngung gilt 8 Doppelzentner Kainit und 4 Doppelzentner Thomasschlacke für den Hektar.

Ansaat der Moorwiesen beschleunigt die Entwicklung guter Wiesenpflanzen und ist daher empfehlenswert. Man säe aber nur wertvolle Arten in Mischung an, namentlich (die Zahlen je für 1 Hektar; bei vorhandenen guten Arten weniger) Thimothee (24 kg), italienisches Reygras (4 kg), Wiesenschwengel (2 kg), schwedischer Klee (10 kg), Weissklee (8 kg), Sumpfschotenklee (2 kg).

Die Kultur der Hochmoore ist von grosser Bedeutung infolge der vorhandenen grossen, meist ertraglosen Flächen. Hierfür kommt in Frage:

Brandkultur, eine sehr alte Methode, die auf der Ausnutzung der obersten, überwiegend aus Heideresten bestehenden Bodenschicht (Schollerde, Bunkerde) beruht,

die im Laufe von einigen Jahren (5—8) abgebrannt wird und das Moor auf lange Zeit ertraglos zurücklässt. Die Brandkultur ist reiner Raubbau.

Die finnische Methode. Brandkultur unter Aufbringen mässiger Thon- und Lehmmengen. Ohne Düngung lässt die Wirksamkeit nach einigen Jahren nach. Gute Methode zur Vorbereitung der Moore.

Die Bremer Methode. Aufbringen von Seeschlick mit und ohne Brandkultur. Düngung. Ist an die Möglichkeit des Bezuges des Seeschlicks gebunden.

Die holländische Veenkultur beruht auf der Benutzung städtischer Düngestoffe (Fäkaldünger und Strassenabfall). Es findet zumeist die Ausnutzung der tieferen Moorschichten als Brenntorf statt und der Abraum wird dann zurückgeworfen (Leegmoore). Mischen mit Sand und reichliche Düngung haben ausgezeichnete Erfolge gegeben. Die holländische Veenkultur ist an schiffbare Kanäle, Städte in nicht zu grossem Abstand gebunden.

Melioration durch Entwässern und Mineraldüngung ist das einzige auf entlegeneren Mooren anwendbare Verfahren. Es müssen reichliche Mengen aller wichtigen Pflanzennährstoffe gegeben werden. Kalk (meist Mergel), Kali (als 40% Kalisalz mit sehr gutem Erfolg), Phosphorsäure (als Thomasmehl oder gepulverte, kohlensauren Kalk enthaltende Rohphosphate), Stickstoff (als Ammoniaksalz oder besser Chilisalpeter).

Holzanbau auf Mooren. Gelegentlich, aber immerhin selten finden sich alte Bestände auf Moorboden, auch auf Hochmoorboden. Trotzdem ist vom Waldanbau abzuraten; am günstigsten ist Niederwald (namentlich Hasel). Hochwald gedeiht in der Regel nur, wenn die Wurzeln den Mineralboden erreichen können. Zahlreiche Versuche haben meist üppiges Wachstum in den jüngeren Jahren, Stocken im höheren Alter ergeben. Auf Hochmoor würde schwache Düngung und namentlich dauernde Ueberwachung der Abzugsgräben die Voraussetzung guter Erfolge sein.

VII. Eigenschaften der Böden.

1. Die chemische und mineralogische Zusammensetzung der Böden.

§ 41. Alle Böden mit Ausnahme der Moorböden enthalten in ihrer Hauptmasse Mineralbestandteile, zumeist wiegen Quarz und Silikate vor, von anderen Stoffen ist die Menge des kohlensauren Kalkes von Bedeutung. Der Humus beeinflusst die physikalischen Bodeneigenschaften, wirkt aber als Humussäure auch vielfach chemisch ein.

Zur Untersuchung der Bestandteile bedient man sich der mineralogischen und der chemischen Analyse.

Vorhandene Steine werden nach ihrer petrographischen Zugehörigkeit bestimmt, die Sandkörner tunlichst unterschieden. Gehalt an noch erkennbaren Mineralteilen (Feldspat, Hornblende u. s. w.) ist zu berücksichtigen. Je nach dem Gehalt an noch verwitterbaren Mineralien hat man nachschaffende (Silikate aller Art) und nichtnachschaffende (überwiegend verwitterte Bestandteile, Quarz) Böden unterschieden.

Die Kenntnis des Ursprungsgesteins und dessen geologischer Zugehörigkeit ist wichtig, da oft Ablagerungen derselben Zone in weiter Erstreckung einheitlichen Charakter zeigen.

Die chemische Bodenanalyse kann gegenwärtig nur im beschränkten Massstabe den Gehalt an aufnehmbaren Bestandteilen im Boden feststellen; sie hat jedoch für Waldböden bei den langen Umtriebszeiten und dem Fehlen der Düngung

grössere Wichtigkeit als für Ackerböden, bei denen es zunächst auf die im Laufe eines oder einiger Jahre aufnehmbaren Bestandteile ankommt.

Die gebräuchlichen Methoden, Ausziehen des Bodens mit Säuren verschiedener Konzentration (zumeist heisse 10% Salzsäure, bez. bei Moorböden die Untersuchung des Aschenrückstandes), geben für Moorböden fast stets, bei Sandböden in den meisten Fällen einen Massstab des Ertrages; bei schwereren Bodenarten tritt der chemische Gehalt an Bedeutung hinter die physikalischen Bodeneigenschaften zurück.

Die Analyse der Waldböden erstreckt sich am richtigsten auf alle unter 1 mm grosse Bestandteile. In unseren Böden entspricht bei gleicher geognostischer Abstammung in der Regel der Gehalt an Nährstoffen den an feinkörnigen unter 0,1 mm grossen Bestandteilen.

Die Probenahme führt man in der Weise aus, dass zunächst die Oberfläche des Bodens von allen Pflanzen und zufälligen Auflagerungen gereinigt und dann ein genügend tiefes Loch gegraben wird. Bei Verwitterungsböden muss dies möglichst bis zum festen anstehenden Grundgestein (von dem ebenfalls Proben zu entnehmen sind) geschehen; bei angeschwemmten Böden bis zum Grundwasser, oder wenn dies nicht erreicht werden kann, bis 1,5 oder 2 m Tiefe. In Schwemmlandsböden sollte man nicht versäumen, mit Hilfe eines Handbohrers vom Boden des Loches aus den Untergrund noch auf weitere ein bis zwei Meter zu untersuchen. Die Seitenfläche des Einschlags wird gerade abgestochen und mit dem Grabscheid gleichmässige vertikale Abstiche gemacht. Der Boden wird dann auf einem Tuche gemischt und von Wurzelresten befreit.

Grössere Steine werden ausgelesen, ihre Menge annähernd festgestellt und die Art des Gesteins bestimmt.

Der Gehalt an humosen Stoffen wird genau nur durch Verbrennungsanalyse gefunden. Kohlenstoff wird dabei in Kohlensäure, Wasserstoff in Wasser übergeführt, aufgefangen und gewogen. Die früher gebräuchlichen Methoden, die organische Substanz mit oxydierenden Mitteln (meist Chromsäure) zu behandeln, ergeben ungenaue Resultate. Aus der gefundenen Kohlensäure berechnet man den Humus unter der Annahme, dass er durchschnittlich 64% Kohlenstoff enthält.

Bei reinen Sandböden ist der Glühverlust dem Humusgehalte gleich; es genügt dessen Bestimmung. In thonhaltigen Böden ist dies aber unzulässig, da diese reichlich chemisch gebundenes Wasser enthalten, welches beim Erhitzen entweicht.

Die Bestimmung des Stickstoffs erfolgte durch Verbrennen mit Natronkalk, wobei Ammoniak gebildet wird. Gegenwärtig ist die rascher ausführbare und genauere Methode von Kjeldal (bei der hoch konzentrierte Schwefelsäure unter Erhitzen einwirkt und den Stickstoff unter Zerstörung aller organischen Substanz in Ammoniak überführt), wohl allgemein angenommen.

Auf Gegenwart von kohlensaurem Kalk prüft man durch Uebergiessen mit verdünnter Salzsäure, wobei die Kohlensäure unter Aufbrausen entweicht.

Von Wichtigkeit ist ferner der Gehalt an wasserhaltigen, durch Salzsäure zersetzbaren Silikaten und die Bestimmung der hierbei frei werdenden, in kohlensauren Alkalien löslichen Kieselsäure. Diese „aufschliessbaren Silikate" sind die Träger der Absorption des Bodens.

In der Regel werden die gefundenen Gehalte der verschiedenen Stoffe so angegeben, dass Stickstoff (N) und Humus als solche, die Säuren und Basen als Anhydride (nach der alten chemischen Auffassung, Kali als K_2O, Kalk als CaO, Magnesia als MgO, Eisen als Oxyd Fe_2O_3 und als Oxydul FeO, Schwefelsäure als SO_3, Phosphorsäure als P_2O_5) aufgezählt werden.

Für landwirtschaftliche und auch forstliche Zwecke bietet ferner eine jetzt viel-

fach in Anwendung gekommene Darstellungsweise, welche von Knop angegeben worden ist, grosse Vorteile und lässt Armut oder Reichtum an wichtigen Stoffen scharf hervortreten.

Knop führt die Bestandteile des Bodens in folgender Reihe auf:

1) Glühverluste: { Wasser (chemisch gebunden). Humus.

2) Sulphate: Gips.

3) Karbonate: { kohlensaurer Kalk. kohlensaure Magnesia.

4) Silikate: { Quarz und Kieselsäure. Sesquioxyde (Eisenoxyd, Thonerde). Monoxyde (Kali, Natron; Kalk und Magnesia, soweit an Kieselsäure gebunden). aufgeschlossene Silikatbasen. (Basen der vorhandenen Zeolithe.)

Im folgenden sind ein paar von Knop ausgeführte Analysen in den beiden Darstellungsformen neben einander gestellt. Die Analysen beziehen sich auf Feinerden eines Verwitterungsbodens von rotem Gneiss (Knop, Ackererde und Kulturpflanzen S. 48 u. 50; Leipzig 1883).

	1.	2.	3.
Kieselsäure =	77.25	79.00	79.08
Thonerde =	15.28	12.97	14.33
Eisenoxyd =	1.12	2.34	2.33
Kalk =	0.05	0.38	0.42
Magnesia =	0.004	0.01	0.01
Kali =	4.85	3.06	2.94
Natron =	1.25	2.22	0.94
Wasser =	1.33	1.88	1.85
Humus =	2.33	10.00	10.07
Aufgeschlossene Silikatbasen =	3.90	6.90	7.50

			1.	2.	3.
1) Wasser			1.33	1.88	1.85
Humus			2.33	10.00	10.07
2) Sulfate			—	—	—
3) Karbonate			—	—	—
4) Silikate	Quarz u. Kieselsäure		77.25	79.00	79.08
	Sesquioxyde		16.40	15.31	16.66
	Monoxyde	CaO =	0.05	0.38	0.42
		MgO =	0.004	0.01	0.01
		K_2O =	4.85	3.06	2.94
		Na_2O =	1.25	2.22	0.94
5) Aufgeschlossene Silikatbasen			3.90	6.90	7.50

2. Physikalische Eigenschaften der Böden. Bodenphysik.

§ 42. a) Mechanische Bodenanalyse. Die Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der Böden ist namentlich von Schübler und E. Wollny gefördert worden.

Es hat sich ergeben, dass viele der wichtigsten Bodeneigentümlichkeiten sich auf einige wenige Grundlagen zurückführen lassen, auf Korngrösse und Lagerung der Bodenteile. Die chemische Zusammensetzung gibt aber vielfach einen Anhalt für die physikalischen Eigenschaften und beeinflusst einzelne derselben, namentlich die Krümelung vorzugsweise. Es ist daher ungerechtfertigt, Bodenchemie und Bodenphysik in eine Art Gegensatz zu bringen, sie stehen gleichwertig neben einander; wenn auch nicht verkannt werden darf, dass die physikalischen Eigenschaften der Böden nicht oder nur schwierig von Menschenhand beeinflusst werden können und daher die dauernde Grundlage des Bodens bilden.

Die mechanische Bodenanalyse (Schlämmanalyse) beschäftigt sich mit der Bestimmung der Korngrössen des Bodens.

Bei Ausführung werden die gröberen Gemengteile durch Siebe, event. unter Benützung von Wasserspülung abgetrennt.

Alle über 1 mm grossen Bestandteile bezeichnet man als Bodenskelett und unterscheidet ferner grössere Steine und grobe organische Reste (Wurzelstücke). Alle unter 1 mm grossen Bodenteile werden als Feinerde zusammengefasst. Durch Siebe

kann man sie noch weiter trennen. Die feinsten Bestandteile (abschlämmbare Teile) zerlegt man weiter durch die Schlämmanalyse. Zur Vornahme derselben sind sehr zahlreiche Apparate konstruiert worden. Alle lassen sich in zwei Gruppen einteilen, in solche, welche sich gründen

auf den Auftrieb fliessenden Wassers (Nöbel, Schöne, Osborn u. and.),
auf den Fall der Körner im Wasser (Schübler, Kühn, Schlössing).

Früher wurde fast ausschliesslich nach Methoden der ersten Abteilung gearbeitet. Grössere Verbreitung fand der Nöbelsche Apparat; jetzt wird zumeist der nach Schöne in einer seiner mannigfaltigen Abänderungen benutzt. Alle diese Apparate leiden unter dem Fehler, dass der aufsteigende Wasserstrom seitliche Strömungen hervorruft, welche zur Flockung der Thonteile führen und so Fehler in die Bestimmung bringen. Es sind verschiedene Methoden angegeben worden, um dies zu vermeiden. Am wichtigsten ist, dass der untere konische Teil des Apparates möglichst kurz, der obere cylindrische lang genommen wird.

Der Schönische Apparat besteht aus einem langen cylindrischen, unten konischen Trichter, auf dem sich ein doppelt durchbohrter Stöpsel befindet, der in der einen Oeffnung eine graduierte Glasröhre, im zweiten ein Ausflussrohr trägt. Je nach der Stärke des von unten eintretenden Wasserstroms werden Körner verschiedener Grösse fortgeführt. Es ist leicht ersichtlich, dass man den Boden hierdurch in eine beliebige Zahl verschiedener Korngrössen zerlegen kann.

Von Apparaten der zweiten Gruppe kommen die nach Kühn und Schlössing immer mehr in Anwendung. Für weitaus die meisten Untersuchungen genügen sie vollständig und ermöglichen ein rasches Arbeiten.

Nach Kühn wird je 50 gr des gründlich durch Kochen zerkleinerten Bodens in ein 40 cm hohes und 10 cm weites cylindrisches Glasgefäss gebracht, tüchtig umgerührt und zuerst nach 10, dann nach je 5 Minuten die über dem Bodensatz stehende Flüssigkeit abgehebert und die Operation wiederholt, bis die Flüssigkeitssäule klar geworden ist. Hierbei werden alle Bodenteile unter 0,1 mm Durchmesser abgeschlämmt.

Die Methode von Schlössing trennt die allerfeinsten Bestandteile ab. Hierzu wird der Boden (5—10 gr) mit dem Finger sehr fein zerrieben, mit wenig verdünnter Salzsäure und dann mit Ammoniak oder Kalihydrat behandelt und die trübe Flüssigkeit nach je 12—24 Stunden abgehebert.

Beim Abschlämmen erhält man nicht Körner genau gleicher Grösse, sondern solche, welche gleich rasch im Wasser niederfallen. Die Geschwindigkeit des Falles wird durch spezifisches Gewicht und Gestalt beeinflusst, man spricht daher von Bodenbestandteilen gleichen hydraulischen Wertes. Unterhalb einer gewissen Korngrösse, etwa 0.002 mm ist der Fall sehr verlangsamt oder die Bestandteile bleiben im reinen Wasser dauernd schweben. Man kann Thonwässer jahrzehntelang aufbewahren, ohne dass sie zum Absetzen kommen. Die Ursache dieses Verhaltens beruht auf eigentümlichen Eigenschaften des reinen Wassers. Fügt man jedoch Salzlösungen hinzu, so erfolgt rasch Bildung von Flocken und Absetzen des Thones (vgl. Krümelung des Bodens).

Der Gehalt an diesen feinsten Bestandteilen im Boden ist für dessen Eigenschaften ausserordentlich wichtig.

§ 43. b) Der Bau (Struktur) des Bodens. Die mechanische Analyse behandelte die Zerlegung des Bodens in einzelne Korngrössen. In welcher Weise sich jedoch diese zusammenlagern, ist noch ein Gegenstand der besonderen Betrachtung. Vielfach sind Versuche ausgeführt, um auf theoretischem (mathematischem) Wege die möglichen Arten der Zusammenlagerung festzustellen. Es ist so möglich geworden, gewisse Grenzwerte kennen zu lernen, innerhalb welcher die Anfüllung eines Raum-

teiles Boden durch feste Bestandteile möglich ist, Spekulationen, die Bedeutung für die Bodenkunde haben, da viele der wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Bodenarten durch die Art und Weise der Lagerung bedingt oder wenigstens im hohen Grade beeinflusst werden.

Bei solchen Betrachtungen geht man zunächst von der denkbar einfachsten Annahme aus, dass alle Bodenbestandteile kugelförmig und von gleicher Grösse sind.

Man unterscheidet dann eine lockerste und eine dichteste Lagerung der Teile.

α) Die lockerste Lagerung ist vorhanden, wenn man sich die Bodenkügelchen senkrecht auf einander gestellt denkt. Es sind dann 52,36% des Raumes von fester Substanz erfüllt, während die lufterfüllten Räume, als Porenvolumen bezeichnet, 47,64% ausmachen.

β) Die dichteste Lagerung tritt ein, wenn die Teile je in den Zwischenräumen der tiefer liegenden Kugeln ruhen. Das Porenvolumen werde dann 25,95% des Gesamtvolumens betragen.

In den Fällen α und β ist die Raumerfüllung durch Substanzen von der Grösse der einzelnen Kugeln unabhängig.

γ) Sind Bodenteile verschiedener Grösse vorhanden, so können sich kleinere Partikel in die Zwischenräume der grösseren einlagern und hierdurch das Porenvolumen herabdrücken.

δ) Einzelkorn- und Krümelstruktur. Die bisherigen Betrachtungen nehmen an, dass die Bodenteilchen frei neben einander lagern. Es ist dies ein Zustand, den man als Einzelkornstruktur bezeichnet hat.

In fast allen in der Natur vorhandenen Bodenarten zeigt sich jedoch, dass diese Voraussetzung nicht oder wenigstens nicht voll erfüllt ist. In der Regel lagern sich Bodenteilchen zusammen und bilden Aggregate: Krümel; es kann das nur an einzelnen Stellen geschehen oder den Boden ganz oder doch in seiner überwiegenden Masse betreffen; von solchen Bodenarten sagt man, sie haben Krümelstruktur.

Ist Krümelung vorhanden, so werden zugleich die physikalischen Bodeneigenschaften, zumal Wasserführung, Erwärmbarkeit, Durchlüftung beeinflussst, das Eindringen der Wurzeln erleichtert, und durch alle diese Wirkungen wird die Entwicklung der Pflanzen in so hohem Grade günstig beeinflusst, dass derselbe Boden in Einzelkorn- und in Krümelstruktur verschiedenen Ertragklassen angehören kann. Alle fruchtbaren Wald- und Feldböden zeigen Krümelstruktur.

§ 44. c) Die Ursachen der Krümelung der Böden sind sehr verschiedener Art, die wichtigsten sind: Gegenwart löslicher Salze, namentlich Kalksalze, Tätigkeit der Tierwelt, Durchwurzelung der Böden, physikalische Vorgänge und mechanische Bearbeitung der Böden.

Die Grösse der Bodenteile wirkt bei der Krümelung mit, Sandböden zeigen sie am ausgesprochensten, wenn humose Stoffe beigemischt sind. Die sich zersetzenden Pflanzenreste lagern Sandkörner zwischen sich ein und bilden so Krümel von lockerem Zusammenhalt. Am günstigsten verhalten sich Bodenarten, die aus Sand, Humus und abschlämmbaren Teilen gemischt sind. Thonböden krümeln sich nur schwierig und ihre Krümel zerfallen leicht. Saure reagierende Humusböden sind in der Regel dicht gelagert, während neutrale und nährstoffreiche Humusböden meist gut gekrümelt sind.

Wirkung löslicher Salze. Von löslichen Salzen freie Thonteile bleiben in reinem Wasser lange aufgeschlämmt; man kann Flaschen mit solchem „Thonwasser“ jahrelang aufbewahren, ohne dass Absetzen der Mineralstoffe erfolgt. Unter

dem Mikroskop erkennt man, dass die Bodenteile in schwingender, zitternder Bewegung, sogenannter „Molekularbewegung“ oder „pedetischer Bewegung“ sind. Zusatz von Nichtleitern der Elektrizität wirkt nicht ein; dagegen veranlassen alle Elektrolyten Aufhören der Molekularbewegung und Absatz der suspendierten festen Teile, die niederfallen, sich zu „Flocken“ zusammenlagern, und dadurch Krümel bilden.

Die verschiedenen Salze wirken sehr verschieden stark ein, und jedes Salz bleibt unterhalb einer gewissen Konzentration unwirksam. (Die Stärke der Salzlösungen muss einen „Schwellenwert“ übersteigen.) Kaustische, kohlensaure und phosphorsaure Alkalien sind von geringer Einwirkung; Kalk und Magnesiasalze wirken am kräftigsten ein; namentlich scheint kohlensaurer Kalk wirksam zu sein, auch der Kohlensäure (wie allen Mineralsäuren) kommt starke flockende Wirkung zu. Fester Thon mit 1% Aetzkalk versetzt wird zerreiblich und locker gelagert.

Die Gegenwart löslicher Salze ist daher wirksam bei der Krümelung der Böden, für die Erhaltung der Krümel sind lösliche Salze die wichtigste Bedingung. Gut gedüngte Böden erreichen daher die „Gahre“ viel leichter und erhalten sie dauernder als Böden im schlechten Düngerzustand.

Einwirkung der Tierwelt. Alle im Boden lebenden wühlenden und grabenden Tiere fördern die Krümelung (Seite 146). Besondere Bedeutung misst man den Regenwürmern zu, welche mit ihrer Nahrung viel Erde verschlingen und sie in gekrümeltem Zustande in ihren Exkrementen absetzen. An Orten, wo viele Regenwürmer vorkommen (Wiesen, feuchte Niederungen), besteht oft ein sehr grosser Teil des Bodens aus Exkrementen der Regenwürmer.

Einwirkung der Pflanzenwurzeln fördert die Lockerung des Bodens und die Krümelbildung. Beim Absterben erleiden die Pflanzenwurzeln während der Verwesung zahlreiche Volumveränderungen, welche der Krümelung günstig sind.

Physikalische Wirkungen in den Böden machen sich bei Volumänderungen infolge wechselnden Wassergehaltes geltend; am wirksamsten ist der Frost; beim Gefrieren werden infolge der Volumvergrösserung die Bodenteile auseinander gedrängt und hierdurch bei grobkörnigen Böden, wenigstens bei armen Sandböden leicht eine Zerstörung der Krümel herbeigeführt, bei Thonböden jedoch deren Bildung wesentlich gefördert, wobei vielleicht ungleichmässige Verteilung des Wassers im Boden oder noch mehr die Anordnung der Eiskrystalle nach bestimmten Richtungen wirksam werden.

Bodenbearbeitung steigert die Krümelung der Böden.

Zerstörung der Bodenkrümel. Die Bodenkrümel werden nur durch schwache Kräfte zusammengehalten und zerfallen unter ungünstigen Verhältnissen. Als besonders wirksam sind dabei aufzuführen:

Wirkung des Regens. Der Regen zerstört infolge der lebendigen Kraft der fallenden Tropfen die Bodenkrümel. Auf Flächen, welche nicht während des ganzen Jahres gegen diese Einwirkung geschützt sind, wie dies im landwirtschaftlichen Betriebe die Regel ist, vermindert sich im Laufe der Vegetationszeit die Krümelung. Im Walde macht sich die schädigende Wirkung des fallenden Wassers überall geltend, wo der Boden blossgelegt wird; daher sind alle Böden, auf denen übertriebene Streuentnahme erfolgt, dicht gelagert. Im Laubwalde, zumal unter Buchen, sind die Stellen des Bodens, welche durch von den Aesten abtropfenden Regen („Traufe“) getroffen werden, immer verdichtet.

Auslaugen der löslichen Salze vermindert die Krümelung unter Umständen sehr stark. Alle Bodenarten unter sauer reagierenden Humusschichten (Rohhumus) sind dicht gelagert; auch auf streuberechten Böden macht sich diese Wirkung stark geltend. Schlecht gedüngte Ackerböden büssen auch bei regelmässiger Bearbeitung

ihre Krümelung mehr oder weniger ein. Versuchsfelder, auf denen man jahrzehntelang ohne Düngung Getreide gebaut hat, zeigten diese physikalische Verschlechterung des Bodens, trotz reichlicher Bodenbearbeitung sehr deutlich.

Bodenbearbeitung kann die Krümelung der Böden sehr stark gefährden, wenn sie zur ungünstigen Zeit, namentlich bei zu hohem Wassergehalt unternommen wird; wenn schwere Regen auf die frisch gepflügte Fläche niedergehen („Dichtschlämmen" oder „Verschlämmen" des Bodens); oder wenn die Bodenbearbeitung den oberen gekrümelten Boden mit zu viel dicht gelagertem Untergrund mischt. Namentlich im Walde ist die letzte Wirkung zu fürchten. Bei schweren Bodenarten kann oft grosser Schaden verursacht werden, wenn die Regel nicht beachtet wird, mit der Bodenbearbeitung nicht erheblich tiefer zu gehen als die gekrümelte Schicht reicht.

§ 45. d) Die Lagerung „gewachsener" Böden. Bezeichnet man die durch Menschenhand nicht veränderten und bearbeiteten Böden als „gewachsene" Bodenarten, so ist die Kenntnis ihrer Lagerung zumal für den Forstmann wichtig. Bei der Untersuchung entnimmt man ein bestimmtes Volumen Boden, bestimmt die Menge des Wassers, der organischen Bestandteile, der Mineralteile, das spezifische Gewicht des Bodens und hat so alle Daten, um daraus das Volumen der festen Bestandteile festzustellen. Um einen sicheren Ausgangspunkt zu erhalten, berechnet man zunächst alles auf trocknem Boden, muss aber auch den durchschnittlichen Gehalt an Wasser berücksichtigen, wenn man nicht zu irrtümlichen Schlüssen gelangen will.

Dichteste Lagerung der Böden findet man nur unter Wasserbedeckung, wo zumal Sandböden sehr dicht geschlämmt sind. Alle Waldböden zeigen nahe Beziehungen zwischen Ertrag und Lockerheit der Lagerung, jedoch ist die Zahl der Bestimmungen noch zu gering, um allgemeine Regeln ableiten zu können.

In guten Böden ist die oberste Schicht am lockersten und die Dichtigkeit der Lagerung nimmt nach der Tiefe zu. Liegt die lockerste Schicht nicht an der Oberfläche, sondern in mässiger Tiefe, so kann man immer ungünstige Beeinflussungen annehmen.

Märkische Sandböden ergeben für die Oberflächenschicht bis 11 cm folgende Beziehungen:

sehr dicht gelagerte Böden	unter	50%	Porenvolumen
dicht gelagerte	„	50—55	„
locker gelagerte	„	55—60	„
sehr locker gelagerte	„	über 60	„

Die sehr dicht gelagerten Böden entsprechen der IV. und V. Ertragsklasse für Kiefer, die dicht gelagerten der III. Ertragklasse, die lockeren und sehr lockeren der II. und I. Ertragklasse. Von ausserordentlichem Einfluss zeigte sich die Bodendecke.

Lehmböden erreichten dieselbe Lockerung wie manche Sandböden, waren aber nie so dicht gelagert wie die ungünstigeren Sandböden.

§ 46. e) Volumgewicht (spezifisches Gewicht) der Böden und Bodenbestandteile. Das Volumgewicht der Bodenbestandteile hat nur geringe Bedeutung; seine Kenntnis ist aber zur Berechnung einzelner physikalischer Eigenschaften notwendig. Im allgemeinen bewegen sich die Zahlen für die wichtigsten Mineralarten zwischen 2,5 und 3 (Quarz 2,6, Feldspat 2,5—2,8, kohlensaurer Kalk 2,7, Thon 2,5); höheres spezifisches Gewicht haben Hornblende (2,9—3,4), Augit (3,2—3,5) und die Eisenverbindungen, niederes die Humussubstanzen (1,4—1,5).

Grösseres Interesse hat das Volumgewicht der Böden, also das Gewicht eines Bodens verglichen mit einem gleich grossen Gewicht Wasser. Man bedarf dieser Grösse zur Berechnung der Wassermengen, Nährstoffmengen u. s. w., welche den Pflanzen

zur Verfügung stehen, da die Pflanzen mit ihren Wurzeln auf ein bestimmtes Volumen Boden angewiesen sind. In trocknen Böden ist das Volumgewicht für Quarz am höchsten, für Humus am geringsten; die Thonsubstanzen stehen zwischen beiden. In feuchtem Boden sind die Werte einander mehr genähert.

Die Bezeichnung „leichter" und „schwerer" Boden beziehen sich auf die Schwierigkeit der Bearbeitung, bez. die Widerstände, welche der Boden dem Eindringen der Werkzeuge entgegensetzt und haben mit dem absoluten Gewichte nichts zu tun, da beispielsweise ein Volumen Sandboden höheres Gewicht hat als ein gleich grosses Volumen des „schwersten" Thonbodens.

§ 47. f) Kohäreszenz und Adhäsion der Böden. Als Kohäreszenz (Bündigkeit) des Bodens bezeichnet man die Kraft, mit welcher die einzelnen Teilchen an einander haften. Ein Mass derselben ist der Widerstand, welchen sie einer Trennung, sei es durch Zug (relative Festigkeit) oder Druck (absolute Festigkeit) oder dem Eindringen eines keilförmigen Körpers (Trennungswiderstand) entgegensetzt.

Thon hat die höchste, Humus die geringste Bündigkeit, Quarz und Kalk stehen zwischen beiden. In Gemischen steigt die Kohäreszenz mit höherem Gehalt an Thon, fällt mit höherem Gehalt an Humus. Wasser wirkt bei Thon entsprechend seiner Masse vermindernd, während Humus und Quarz bei mittlerem Gehalte den stärksten Zusammenhang zeigen. Gekrümelte Bodenarten zeigen weniger Kohäreszenz als dicht gelagerte.

Die Adhäsion (Klebrigkeit) macht sich bei Bearbeitung des Bodens mit eisernen und hölzernen Werkzeugen bemerkbar. Thon vermehrt, Sand und Humus vermindert die Klebrigkeit; bei Thonboden erreicht sie die grösste Höhe bei etwa 80%, bei Humus und Sand steigt sie bis zur vollen Wasserkapazität.

Kohäreszenz und Adhäsion stehen in naher Beziehung zu einander; sie treten namentlich bei Bearbeitung des Bodens hervor, welche bei mittlerem Wassergehalt am vorteilhaftesten auszuführen ist; zumal gilt dies für schwere Bodenarten, die bei wenig Wasser in schweren Schollen umbrechen, bei viel Wasser leicht zur Verschlämmung führen.

§ 48. g) Volumänderungen der Böden bei wechselnden Wassergehalten (Temperaturunterschiede machen sich kaum bemerkbar) sind bei grobkörnigen Böden kaum messbar, erreichen aber bei sehr feinkörnigen und namentlich bei humosen Böden hohe Werte. Bei den Mineralböden steht im allgemeinen die Volumänderung im umgekehrten Verhältnis zur Korngrösse, bei humosen Bodenarten wird ausserdem die gelatinöse Beschaffenheit vieler Humusstoffe wirksam, und bewirkt unter Umständen ein Schwinden austrocknender Torfstücke auf $^1/_5$—$^1/_4$ des ursprünglichen Volumens. Die Volumänderungen sind ein wirksames Mittel, die Krümelung der Böden zu fördern, zumal wenn sie mit Spaltenbildung verbunden sind.

Spaltenbildung. Das Austrocknen der Böden erfolgt bei frei liegenden Böden nur durch Oberflächenverdunstung; hierbei mindert sich das Volumen der obersten Bodenschicht erheblich und es bilden sich Spalten, die je nach dem Mass des Schwindens und der Bindigkeit der Böden in verschiedenem Abstande auftreten. Spaltenbildung kann durch Zerreissen von Wurzeln auf die Pflanzen schädigend wirken und steigert das Austrocknen des Bodens erheblich. Etwas abweichend gestalten sich die Verhältnisse im bestandenen Boden; die Pflanzen steigern durch ihren Wasserverbrauch die Verdunstung erheblich, erschöpfen dabei aber namentlich tiefere Bodenschichten, so dass die Volumänderungen weniger an der Oberfläche sichtbar werden; es bilden sich dabei zahlreiche kleinere Spalten.

§ 49. h) Schichtung und Mächtigkeit des Bodens üben auf den Pflanzenwuchs den grössten Einfluss aus. Es kommt wohl kaum vor, dass der Boden in seiner ganzen den Wurzeln zugänglichen Tiefe einheitlich zusammengesetzt ist;

selbst bei mächtigen Sandschichten zeigen die obersten Lagen im Humusgehalt und Dichtigkeit Abweichungen. Je mehr die einzelnen Bodenschichten von einander abweichen, um so stärker beeinflussen sie die physikalischen Eigenschaften der überlagernden. Die Kenntnis des „Bodenprofiles" ist daher von grosser Bedeutung. Man unterrichtet sich hierüber durch besondere Einschläge, Beobachtung offener Durchschnitte (an Wegrändern, Gräben u. s. w.) und durch Bohrungen mittelst Handbohrer, sog. Erdbohrer und Bohrstöcke.

Der Waldboden zeigt fast überall drei unterscheidbare Schichten; zu oberst eine mehr oder weniger humose und gekrümelte Schicht, hierunter eine meist dunkler gefärbte gelbe bis braune (rote) Schicht und darunter den noch wenig veränderten ursprünglichen Mineralboden. Je nach Gesteinsart und örtliche Verhältnisse lassen sich oft abweichende Schichten feststellen, jedoch ist die angegebene Dreiteilung in den gemässigten Gebieten von Mitteleuropa herrschend. Einheitliche Bezeichnungen für diese Bodenschichten sind nicht im Gebrauch; in der Regel wird die oberste Lage als Walderde, Oberboden, Obergrund, Muttererde und werden die tieferen Schichten als Untergrund bezeichnet.

Landwirtschaftlich genutzte Böden zeigen deutliche Unterschiede zwischen der regelmässig bearbeiteten und gedüngten Schicht „Vegetationsschicht" (Obergrund, Ackerkrume) und dem Untergrunde.

Die Mächtigkeit des Bodens, d. h. die Tiefe der für Pflanzenwurzeln durchdringbaren Schicht, ist von grosser Bedeutung; von ihr ist namentlich die den Pflanzen zur Verfügung stehende Wassermenge abhängig. Wenn möglich, soll daher das Bodenprofil bis zur nächsten für die Pflanzenwurzel undurchdringbaren Schicht reichen. In Gebieten mit anstehenden Gesteinen ist zumeist anstehender Fels die untere Grenze; im Flachlande, Tälern sind es zumeist Schichten von Thon, Kies, Schotter, oft auch Grundwasser, was ebenfalls als Grenzschicht anzusehen ist. In manchen Fällen, zumal in Sandböden ist eine Grenzschicht nicht zu erreichen, man stellt dann die Mächtigkeit bis zu 2 m Tiefe (die Grenze handlicher Bohrapparate) fest.

Man unterscheidet die Böden als:

sehr flachgründig,	bis 15	cm Tiefe
flachgründig	15—30	„ „
mittelgründig	30—60	„ „
tiefgründig	60—100	„ „
sehr tiefgründig	über 100	„ „

§ 50. i) Die Farbe des Bodens. Die grosse Anzahl der mineralischen Gemengteile des Bodens sind farblos; die Farbe des Bodens wird zumeist durch Beimengungen farbiger Bestandteile verursacht. Als solche kommen fast ausschliesslich organische Stoffe und Eisenverbindungen vor. Je nach der Zusammensetzung des Bodens, zumal je nach der Korngrösse bedarf es wechselnder Mengen der färbenden Bestandteile, um denselben Farbenton hervorzubringen. Im nassen Zustande erscheinen die Böden dunkler, oft auch leuchtender gefärbt.

Beimengung humoser Stoffe verursachen die grauen bis schwarzen, Eisenverbindungen die gelb bis braunen und roten Färbungen der Böden. Die roten Färbungen sind auf Gehalt an Eisenoxyd, oft in colloidaler Form, zurückzuführen; sie herrschen namentlich in wärmeren Erdteilen vor, fehlen aber auch gemässigten Zonen nicht. Gelbe bis braune Färbungen werden wahrscheinlich durch Eisenoxydsilikate, seltener durch Gehalt an Eisenhydroxyd hervorgerufen; es sind die herrschenden Bodenfärbungen in Mitteleuropa. Sind Eisenverbindungen und humose Stoffe gleichzeitig in färbenden Mengen in den Böden vorhanden, so ergeben sich unreine, „schmutzige" Farben.

Die Farbe des Bodens hat nur geringe Bedeutung für die Erwärmbarkeit; sonst ist sie als Hilfsmittel wichtig, Veränderungen des Bodens zu verfolgen und Einblick in chemische Umsetzungen zu erlangen.

§ 51. k) Boden und Wasser. Die im Boden vorkommenden Stoffe sind sämtlich benetzbar; an der Oberfläche der Bodenteile wird daher Wasser durch Adhäsion festgehalten. Die Entfernung der Bodenteile von einander ist gering, so dass kapillar wirkende Hohlräume zwischen den einzelnen Partikeln vorhanden sind, welche Wasser festhalten können. Einzelne Bodenbestandteile, humose und thonige Stoffe, im weiteren Sinne auch die Bodenkrümel, vermögen Wasser in ihre Substanz einzulagern (sog. Imbibitionswasser) und aufzuquellen; zumal Moorböden verdanken ihren hohen Wassergehalt dieser Eigentümlichkeit.

Die Adhäsion wirkt entsprechend der Oberfläche; die Oberfläche wächst sehr stark mit Abnahme der Korngrösse. Nimmt man mit Soyka an, dass die festgehaltenen Wasserschichten 0,005 mm Dicke besitzen, so würde Boden bei lockerster Lagerung festhalten

bei 1,0	mm	Korngrösse	0,008	Liter	Wasser
„ 0,01	„	„	0,117	„	„
„ 0,01	„	„	1,757	„	„

Ist die Annahme einer Wasserschicht von 0,005 mm Dicke auch sehr hoch, so ergibt sich doch, auch wenn man die Zahl stark kleinert, eine grössere Wassermenge als dem Porenvolumen entspricht, d. h. der Boden muss beim Anfeuchten starke Volumvermehrung erleiden, wie dies für Thonböden und humose Böden bekannt ist. Die Menge des durch Adhäsion festgehaltenen Wassers genügt bereits, um dies Verhalten zu erklären.

Kapillarwirkungen. Neben dem Wasser, welches durch Adhäsion festgehalten wird, findet sich in jedem Boden solches, welches in kapillaren Hohlräumen zurückbleibt. Indem die einzelnen Bodenbestandteile sich zusammenlagern, bilden sie ein mehr oder weniger zusammenhängendes Netz von Haarröhren. Die chemische Zusammensetzung der Bodenarten beeinflusst die Kapillarität nicht, da die Höhe, zu welcher eine Wassersäule kapillar gehoben werden kann, nur vom Querschnitt der Oeffnung abhängig ist.

Die Zahl der im Boden befindlichen Kapillarräume ist natürlich von der Korngrösse in erster Reihe abhängig (vergl. auch Kondensationswirkungen d. B.); grobkörnige Bodenbestandteile wie Kies und grober Sand enthalten nur an ihren Berührungsstellen einige wenige kapillar wirkende Punkte; zu der durch Adhäsion festgehaltenen Flüssigkeitsmenge tritt nur noch wenig hinzu. Anders bei feinkörnigen Bodenarten, die sich dicht zusammenlagern und eine grosse Zahl von kapillar wirkenden Hohlräumen besitzen. Man unterscheidet daher in den Bodenarten die im Porenvolum enthaltenen Hohlräume als kapillar wirkende und als nicht kapillar wirkende.

Wasserkapazität. Jeder Boden ist befähigt, Wasser in seinen Poren aufzunehmen und längere oder kürzere Zeit festzuhalten; dieses Speicherungsvermögen für Wasser bezeichnet man als Wasserkapazität, und drückt sie am besten in Volumprozenten des Bodens aus. Vielfach wird man sich allerdings mit Angabe in Gewichtsprozenten begnügen müssen, aber es ist immer erwünscht, den Wassergehalt eines Volumen Bodens zu bestimmen. Für Sandböden ist der Unterschied zwischen beiden Arten der Darstellung unerheblich, wird aber bedeutend bei Thon- und namentlich bei Humusböden.

Man unterscheidet die grösste oder volle und die kleinste oder absolute Wasserkapazität.

Die kleinste oder absolute Wasserkapazität ist ein Mass der Wassermenge, welche von einem Boden dauernd festgehalten wird, die also nicht in die Tiefe abfliessen kann und den Pflanzen in regenlosen Zeiten zur Verfügung steht. Es ist vielleicht die bedeutsamste physikalische Eigenschaft der Böden überhaupt.

Die grösste oder volle Wasserkapazität ist ein Mass der Wassermenge, welche bei völliger Tränkung der Erdsäule aufgenommen werden kann. Die grösste Wasserkapazität fällt vielfach mit dem Porenvolumen zusammen und würde ohne Volumänderungen für alle feinkörnigen Bodenarten damit übereinstimmen. Die grösste Wasserkapazität tritt daher nur in Zeiten ausgiebiger Niederschläge und in der Nähe des Grundwassers in Wirksamkeit. Im letzteren Falle wird mehr Wasser festgehalten als im grösseren Abstande von der Wasseroberfläche.

Die Grösse der Wasserkapazität beeinflussen:

α) Die Korngrösse. Der Einfluss der Korngrösse macht sich am stärksten bei jenen Bestandteilen geltend, die nicht porös sind. Für Quarzkörner fand Wollny:

bei	1—2	mm Korngrösse	3,66	Vol. %
„	0,25—0,50	„ „	4,38	„ „
„	0,11—0,17	„ „	6,03	„ „
„	0,01—0,07	„ „	35,50	„ „

Einfache Zerkleinerung hatte also eine zehnfache Vergrösserung der Wasserkapazität herbeigeführt.

β) Einfluss der Krümelung macht sich durch wesentliche Herabsetzung der Wasserkapazität bemerkbar; gut bearbeitete Böden, ebenso lockere Waldböden enthalten daher im Frühlinge und andern Zeiten hoher Bodenfeuchtigkeit erheblich weniger Wasser als dichtgelagerte Bodenarten. Ein Verhältnis, welches sich im Verlauf der Vegetationszeit durch den Gang der Verdunstung umkehrt.

Die Grösse der Krümel ist von geringem Einfluss auf die Wasserkapazität; so fand Wollny die Wasserkapazität von Lehmboden-Krümel von 0,5—9 mm D. zu 31,05 bis 32,62 Vol. %; für denselben Boden in pulverförmigem Zustande aber zu 42,91 Vol. %.

γ) Der Einfluss der lockeren oder dichten Lagerung der Bodenbestandteile muss sich auch auf die Wasserkapazität geltend machen. Im stark gelockerten Böden sind eine grössere Anzahl von Hohlräumen nicht kapillar; sie vermögen also Wasser nicht festzuhalten. Durch stärkeres Zusammenpressen, also dichtere Lagerung der Bodenteile wird dann die Wasserkapazität gesteigert werden. Natürlich gilt dies nur bis zu einem gewissen Grade; wird dieser überschritten, so wird die Grösse der Hohlräume beeinträchtigt und damit die Menge des aufnehmbaren Wassers beschränkt. Jede Bodenart hat demnach ein Optimum der Wasserkapazität, jedes dichtere Zusammenlagern oder jede fernere Lockerung wird dieselbe herabsetzen. Einige Versuche von Wollny zeigen dies; er fand eine W. K. für:

humosen Kalksand	(locker)	48,12	Vol. %
„ „	(mitteldicht)	50,68	„ „
„ „	(sehr dicht)	44,36	„ „

Die grössere Anzahl der regelmässig bearbeiteten Kulturböden befindet sich im Zustand einer sehr lockeren Lagerung, durch Zusammenpressen wird die Wasserkapazität gesteigert. Die Praxis macht hiervon Gebrauch, indem durch Walzen etc. die oberste Bodenschicht gedichtet wird.

δ) Steine im Boden setzen infolge der Verringerung der kapillar wirkenden Hohlräume die Wasserkapazität herab; nach den vorliegenden Versuchen jedoch im minderen Masse, als der Volumerfüllung der Steine entspricht.

ε) Zur Bestimmung der Wasserkapazität hat man verschiedene Methoden angegeben; die beste derselben von Wollny. Man füllt eine 10 cm weite Glasröhre von 1 m Länge, deren oberstes Dezimeter abnehmbar ist, unter Aufstampfen mit Erde, sättigt den Boden durch Aufgiessen mit Wasser und bestimmt nach 50 Stunden die Wasserkapazität im obersten Dezimeter Erde. Alle angewandten Methoden sind brauchbar, um Vergleiche zwischen zwei oder mehreren Böden zu ermöglichen, als absolute Masse können die erhaltenen Zahlen nicht betrachtet werden. Sichere Resultate wird man nur erlangen, wenn man gewachsenen Boden mit Wasser sättigt, gegen Oberflächenverdunstung schützt und den Wassergehalt eines Volumen Boden nach 2—3 Tagen bestimmt. Vorteilhafter untersucht man den Boden vor Beginn der Frühjahrsvegetation (März, April), nachdem 3—5 Tage stärkere Niederschläge nicht eingetreten sind.

§ 52. l) Kapillarleitung des Wassers im Boden. Alle Bodenteilchen sind hier als benetzbar angenommen, wie dies im wesentlichen auch den Tatsachen entspricht, es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass in manchen Böden nicht unerhebliche Mengen harziger und wachsartiger, vielleicht auch den Fetten zuzurechnende Stoffe vorkommen. Namentlich nährstoffarme Sande sowie Torfböden scheinen daran nicht arm zu sein. In wieweit die Benutzbarkeit des Bodens durch diese Bestandteile beeinflusst wird, lässt sich zur Zeit nicht angeben, wohl aber bestehen Beziehungen zum Wassergehalt des Bodens. Bei trocknen Böden tritt die Oberflächenspannung des Wassers in Wirksamkeit, während bei feuchten Böden nur die durch Reibung verursachten Widerstände dem Eindringen des Wassers entgegenstehen. Zumal in humosen und sehr feinkörnigen Böden tritt diese Wirkung der Austrocknung hervor. Chausseestaub ist nach starken Gewitterregen oft nur ganz oberflächlich durchfeuchtet, und auf begangenen Wegen findet man nach Regen auf humosen Sanden oft kleine Wasserlachen, während der unterliegende Boden staubtrocken ist. Eindringen von Wasser, wie kapillare Wasserleitung im Boden, ist daher in hohem Masse von der bereits vorhandenen Feuchtigkeit abhängig und wird im Durchschnitt um so schneller erfolgen, je reicher der Boden bereits an Wasser ist. Die vorliegenden Untersuchungen über kapillare Leitung des Wassers berücksichtigen mit wenigen Ausnahmen diese Verhältnisse nicht und beziehen sich auf trockene Böden.

Die Steighöhe einer Flüssigkeit in Kapillarröhren ist dem halben Durchmesser derselben umgekehrt proportional; dementsprechend wird die Flüssigkeit um so höher gehoben, je kleiner die Zwischenräume, bez. je feiner die Bodenbestandteile sind. Ueber eine gewisse Korngrösse hinaus werden die Hohlräume immer grösser und verlieren allmählich die Fähigkeit, Wasser kapillar zu heben. Im Boden tritt dies bei einer Korngrösse von etwa 2—3 mm ein. In einem Grandboden findet kapillare Wasserleitung überhaupt nicht statt.

Die Geschwindigkeit der Bewegung ist von der Reibung abhängig, welche die Wasserteile in den Hohlräumen erfahren und die natürlich mit abnehmenden Korngrössen stark zunimmt. Die Schnelligkeit der Leitung müsste daher in grobkörnigem Material am grössten sein; einige Versuche deuten aber darauf hin, dass mittlere Korngrössen (0,05—1,0 mm D.) am raschesten leiten. In Thon- und Humusböden ist dagegen die Verlangsamung so gross, dass die theoretisch sehr grossen Steighöhen (bis 100 m und mehr berechnet) praktisch ohne Bedeutung sind.

Steine im Boden setzen durch Unterbrechung der Kapillarräume die Leitung herab, aber weniger als dem Verhältnis ihrer Menge entspricht.

Von Wichtigkeit in bezug auf kapillare Leitungen ist der Einfluss der Schichtung. Als Regel gilt, dass feinkörnige und dicht gelagerte Schichten den grobkörnigen und locker gelagerten Wasser zu entziehen vermögen; ferner, dass der Uebertritt aus

einer Schicht in eine andere um so mehr erschwert ist, je abweichender deren Korngrössen sind.

Gekrümelte Böden leiten das Wasser langsamer als pulverige, eine Folge der vielfachen Unterbrechung der kapillar wirksamen Hohlräume. Man macht Gebrauch von diesem Verhalten beim Walzen des Bodens, wodurch nicht nur die Wasserkapazität gesteigert, sondern auch der kapillare Uebertritt des Wassers gefördert wird. Anderseits beruht das raschere Austrocknen dicht gelagerter Bodenarten auf der grösseren Leichtigkeit der Leitung des Wassers aus den tieferen Schichten an die Oberfläche.

Kapillares Ansteigen des Wassers im Boden ähnlich wie dies in Haarröhrchen geschieht, erfolgt nur bei höherem Wassergehalt und hört auf, wenn dieser auf 40—50% der höchsten Wasserkapazität sinkt. In sehr vielen, vielleicht den meisten Bodenarten und während der Vegetationszeit ist dies der Fall. In solchen Böden bewegt sich dann das Wasser nur entlang der Oberfläche der Bodenteile; natürlich verläuft dieser Vorgang sehr langsam und sinkt immer mehr, mit abnehmendem Wassergehalt, da die Anziehung der festen Bodenpartikel mit Abnahme der Dicke der Wasserschichten steigt.

Die Bedeutung der kapillaren Wasserhebung in der Natur ist vielfach überschätzt worden. Am stärksten tritt sie in Wirkung in der Nähe des Grundwassers, vermag aber z. B. in Sandböden den Wassergehalt nur auf 40—50 cm Höhe wesentlich zu steigern. Viel wichtiger für Ausgleich der Feuchtigkeit im Boden ist die langsame Bewegung des Wassers an der Oberfläche der Bodenkörner und sind Tauniederschläge im Boden.

§ 53. m) Die Durchlässigkeit des Bodens. Die Kapillarwirkungen regeln das Eindringen und den Durchtritt des Wassers im Boden. Bei den bisherigen Betrachtungen wirkte die Kapillarität dem Gesetz der Schwere entgegen. Beim Eindringen des Wassers im Boden, also der Bewegung von oben nach unten wirken dagegen beide Kräfte nach derselben Richtung. Die sich hieraus ergebenden Regeln sind leicht verständlich. Das Eindringen des Wassers wird durch höhere Korngrösse, Krümelung, Lockerung des Bodens verstärkt, durch dichte Lagerung und geringe Korngrösse vermindert.

Der Durchtritt des Wassers wird im gleichen Sinne beeinflusst, während Grande, Sande, gekrümelte Bodenarten leicht durchlässig sind, vermindert sich dies mit Abnahme der Korngrösse und Gehalt an colloidalen Bestandteilen stark, so dass Thon- und Humusböden für die Praxis als undurchlässig zu bezeichnen sind.

Finden sich in einem Boden Schichten verschiedener Zusammensetzung, so richtet sich der Grad der Durchlässigkeit nach der Schicht, welche dem Durchtritt des Wassers den grössten Widerstand bietet. Thonlagen, Streifen eisenschüssiger Sande, Ortstein u. dergl. beeinflussen hiernach die Wasserverhältnisse eines Bodens ausserordentlich und auch dann, wenn diese Lagen nur dünn sind. Anderseits kann man, zumal nach Niederschlägen, grobkörnige, kiesige Bodenschichten reich an Wasser finden (Wasseradern), da der Bewegung des Wassers hier die geringsten Widerstände geboten sind.

Im gewachsenen Boden wird das Eindringen des Wassers sowie dessen Durchtritt noch durch verschiedene andere Faktoren beeinflusst. Richtungen geringen Widerstandes in festen Böden ergeben sich durch die Höhlungen und Röhren der erdbewohnenden Tiere, sowie durch die Wege abgestorbener und verrotteter Wurzeln. Namentlich Regenwürmer drainieren schwere Bodenarten oft mehrere Meter tief und ihre zahlreichen Gänge lassen Wasser rasch in den Boden eindringen.

Die in unseren Gebieten wichtigsten Bodenarten, Lehm- und Sandböden verhalten sich endlich wesentlich verschieden infolge ihrer Struktur. Sandböden werden vom

Wasser in ihrer ganzen Masse gleichmässig durchsunken; Lehmböden sind dagegen fast stets porös, von feinen Röhren durchsetzt, in die das Wasser eindringt; von dort aus sättigen sich die benachbarten Bodenteile kapillar.

§ 54. n) Die Verdunstung des Wassers im Boden. Die Verdunstung des Wassers im Boden ist zunächst von meteorologischen Verhältnissen abhängig. Namentlich machen sich Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung geltend; in hohen Lagen tritt hierzu noch die gesteigerte Verdunstung infolge niederen Luftdruckes.

Temperatur und Luftfeuchtigkeit sind die überall wirkenden Faktoren der Verdunstung. Der beste Massstab der Verdunstung bietet das „Sättigungsdefizit“, d. h. die Menge Wasser, welche die Luft noch aufzunehmen vermag, ausgedrückt in mm Quecksilberdruck. Leider vernachlässigen die meteorologischen Veröffentlichungen diesen Faktor fast gänzlich und so ist man bei den Untersuchungen über Verdunstung angewiesen auf den viel weniger durchsichtigen Ausdruck der „relativen Feuchtigkeit“, d. h. der Wassermenge, welche in der Luft vorhanden ist, ausgedrückt in Prozenten der aufnehmbaren Feuchtigkeit.

Je nach dem Verhältnis von Niederschlag, Luftfeuchtigkeit und Temperatur zur Verdunstung ist das Klima eines Gebietes a) feucht oder humid, wenn die Niederschläge die Verdunstung überwiegen und das Sättigungsdefizit gering ist; trocken oder arid, wenn die Verdunstung die Niederschläge überwiegt und das Sättigungsdefizit hoch ist. Die Summe der Niederschläge tritt gegenüber diesen Faktoren zurück. (Das Klima kann in borealen Gebieten bei geringen Niederschlägen feucht, in tropischen bei hohen Niederschlägen trocken sein).

Die herrschenden Winde sind von hohem Einfluss für die Verdunstung, welche bei sonst gleichen Verhältnissen mit der Geschwindigkeit und Dauer der Luftbewegung steigt.

Die Verdunstung des Wassers im Boden erfolgt überwiegend von der Oberfläche aus, welche ihre Feuchtigkeit an die Atmosphäre abgibt; solange reichlich Wasser im Boden vorhanden, tritt kapillare Leitung von unten nach oben ein. Sinkt der Gehalt an Wasser unter etwa 50% der höchsten Wasserkapazität, so tritt an Stelle der kapillaren Wirkungen die Wanderung des Wassers entlang der Oberfläche der Bodenteilchen, die nur langsam erfolgen kann und zumeist von der Verdunstung überholt wird. Die Oberfläche des Bodens kann so stark austrocknen und wirkt nun als schützende Decke für die unterliegenden Schichten, welche weniger erwärmt werden und namentlich der Wirkung des Windes entzogen sind. Hierdurch wird die Verdunstung stark herabgesetzt und dies natürlich um so mehr, je mächtiger die abgetrocknete Schicht wird, oder was dasselbe sagen will, je tiefer die verdunstende Fläche liegt. Unterbricht man den kapillaren Zusammenhang zwischen den Bodenschichten durch oberflächliche Bodenbearbeitung (Behacken u. dergl.), so trocknet die bearbeitete Erde völlig aus und schützt dann die tieferliegenden Schichten vor Verdunstung. Oberflächliche Bodenbearbeitung ist daher eines der besten Hilfsmittel zur Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit.

Aus diesem Verhalten werden folgende Sätze leicht verständlich.

α) Die Verdunstung steigt mit der Oberfläche. Böden in rauher Furche; Ausformung in Dämmen, Hügeln u. dergl. steigert die Verdunstung.

β) Böden mit hohem Wassergehalt und starker Kapillarleitung verlieren durch Verdunstung mehr Wasser als Böden mit wenig Wasser und geringer Leitung. Böden gleicher Art und Wassergehalt erreichen dabei in annähernd gleicher Zeit den lufttrocknen Zustand.

γ) Dicht gelagerte Böden verdunsten stärker als locker gelagerte.

δ) Krümelung setzt die Verdunstung stark herab. Hierauf beruht es, dass gekrümelte Böden in trocknen Zeiten mehr Wasser enthalten als dicht gelagerte, obgleich deren Wasserkapazität höher ist. Im Frühlinge findet man in den letzteren daher fast stets mehr Wasser als in den ersteren, während sich dies Verhältnis in Zeiten der Trocknis umkehrt.

ε) Böden der verschiedensten Art in völlig wassergesättigtem Zustande haben annähernd gleiche Oberfläche und damit annähernd gleiche Verdunstung. Bei geringerem aber immer noch beträchtlichem Wassergehalt gilt die Regel, dass die feuchteren Böden auch mehr Wasser verlieren. Böden in dauernder Berührung mit Grundwasser verdunsten im Laufe der Zeit grosse Wassermengen.

ζ) Die Verdunstung völlig mit Wasser gesättigter Böden ist höher als die einer Wasserfläche, es wird dies durch die rauhe und damit grössere Bodenoberfläche verursacht. Namentlich Moorböden, zumal wasserreiche Hochmoore erleiden sehr grosse Wasserverluste.

η) Der Wassergehalt der Böden wird stark durch orographische Verhältnisse und durch Bedeckung (siehe Bodendecke) beeinflusst.

Zusatz. Tauniederschläge im Boden sind bisher wenig untersucht worden, scheinen jedoch für die Verteilung des Wassers im Boden grosse Bedeutung zu haben. Soweit Untersuchungen bekannt sind, ist die Bodenluft in unseren Gebieten fast stets mit Wasserdampf gesättigt. Im Laufe der Nacht kühlen sich die oberen Bodenschichten ab und sind kälter als die tieferen. Aufsteigende Luft muss daher Wasser an die oberen Bodenschichten abgeben.

§ 55. o) Die Feuchtigkeitsverhältnisse gewachsener Böden bedürfen noch vielfacher Untersuchungen. Als Regeln dürfen gelten:

a) Während der kalten Jahreszeit sättigen sich die Böden infolge verminderter Verdunstung mit Wasser und enthalten im Frühjahr, vor Beginn der Vegetationszeit, durchschnittlich soviel Feuchtigkeit, als ihrer kleinsten Wasserkapazität entspricht (Winterfeuchtigkeit). Im Laufe der Vegetationszeit vermindert sich der Gehalt an Wasser durch direkte Verdunstung und durch den Verbrauch der Pflanzen. Je nach der Bodenart gestalten sich nun die Verhältnisse in unseren Gebieten verschieden. Sandböden haben im grossen Durchschnitt eine Wasserkapazität von 4—5 Volumprozenten; der Gehalt sinkt in Zeiten starker Trocknis auf 1—2 % Wasser in den von Wurzeln durchzogenen oberen Bodenschichten. Die durchschnittlichen Niederschläge vermögen daher in Sandböden immer wieder den Boden mit Wasser zu sättigen; bei ausgiebigen Niederschlägen sickert sogar noch Wasser in die Tiefe ab. Sandböden sind daher relativ starken Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalt ausgesetzt. Die Winterfeuchtigkeit ist für sie von geringer Bedeutung.

Schwerere Bodenarten, als deren Typus ein mittlerer Lehmboden dienen kann, haben etwa im Mittel eine Wasserkapazität von 15—20 Volumprozent und im Frühling einen entsprechenden Wassergehalt. Im Laufe der Vegetationszeit sinkt dieser Gehalt je nach den Gebieten oft auf 6—7 Vol. Prozent.

Niederschläge von etwa 30 mm werden daher ausreichen, eine Schicht von 1 m Mächtigkeit bei Sandböden völlig wieder mit Wasser zu sättigen, dagegen in Lehmböden nur die obersten 2—3 Dezimeter mit Wasser versorgen können. Die Vegetation auf schweren Böden ist daher für ihren Wasserbedarf zum grossen Teil auf die in der kalten Jahreszeit aufgespeicherten Vorräte angewiesen. Die Winterfeuchtigkeit ist daher für alle schwereren Böden von hoher Wichtigkeit.

Im allgemeinen vermindert sich der Wassergehalt der Böden im Laufe der Vegetationszeit stark und erreicht im September, bez. der ersten Hälfte des Oktober ein

Minimum; von dort an steigt der Wassergehalt und entspricht in der Regel im Dezember oder Januar bereits der geringsten Wasserkapazität.

Man unterschätzt leicht die Menge des im Boden aufgespeicherten Wassers. Eine Schicht von 2—4 m Lehmboden oder von 5—8 m Sandboden enthält soviel Feuchtigkeit, als den jährlichen Niederschlägen entspricht.

§ 56. p) Sickerwasser und Grundwasser. Der von den Böden nicht festgehaltene Teil der Niederschläge folgt den Gesetzen der Schwere und sickert in die Tiefe ab bis zu einer undurchlässigen Schicht. Die Tiefe, welche die Wasser hierbei erreichen, ist je nach den örtlichen Verhältnissen verschieden.

Die Menge der Sickerwässer ist zunächst von der Höhe der Niederschläge, dann von Jahreszeit, Bodenbedeckung und Bodenart abhängig. In der Regel liefern mit Pflanzen bestandene Böden während der Vegetationszeit keine Sickerwässer; Ausnahmen hiervon machen nur Sandböden während nasser Perioden. Die Hauptmenge der Wässer fliessen im Winter und bei gefrorenem Boden im ersten Frühjahr ab.

Grundwasser entsteht dadurch, dass die Sickerwässer sich auf undurchlässigen Schichten im Untergrunde ansammeln. Sie unterliegen dort in gleicher Weise wie die oberflächlichen Gewässer den hydrostatischen Gesetzen, nur dass ihre Bewegung der Reibung der Bodenteile entsprechend verlangsamt ist. Das Grundwasser kann so unterirdische Bäche, Ströme, Seen u. s. w. bilden.

Die Grundwässer unterliegen jährlichen und in längeren Perioden verlaufenden Schwankungen. Im Laufe des Jahres erreichen die Grundwasser ihren höchsten Stand im Frühlinge und vermindern sich im Laufe der Vegetationszeit allmählich.

Auf längere Perioden der Grundwasserschwankungen, die etwa 30 Jahre umfassen, hat Brückner aufmerksam gemacht.

§ 57. q) Das Verhalten des Bodens zur Wärme.

α) Quellen der Wärme. Die Wärme des Bodens entspringt fast ausschliesslich der Sonnenbestrahlung. Die Eigenwärme der Erde (die Temperatur steigt beim Eindringen in die Erde um rund 1^0 auf 30 m) übt nur verschwindenden Einfluss, ebenso die bei Verwitterung der Gesteine frei werdende Wärme. Durch Verwesung organischer Stoffe kann merkbare Steigerung der Temperatur eintreten; dieser Vorgang ist jedoch von Anhäufung von Pflanzenresten abhängig, wird daher nur lokal wirksam und verläuft überwiegend in der warmen Jahreszeit. Messungen der Temperatur auf stark gedüngten Feldern zeigten Temperaturzunahme von Mai bis Juli um etwa einen halben Grad. Die Gärtnerei macht bei Anlage der Mist- oder Treibbeete von der bei starker Verwesung frei werdenden Wärme Gebrauch.

β) Die Erwärmung des Bodens wird ausser durch die allgemeinen klimatischen und orographischen Faktoren beeinflusst durch

1. die chemische Zusammensetzung und die Wärmekapazität verschiedener Körper.

Als Einheit der Messung dient die Wärmemenge, welche erforderlich ist, die Temperatur von 1 Vol. Wasser um 1^0 C. zu erhöhen und die gleich 1 gesetzt wird.

Da das Wasser von allen bekannten Körpern die höchste Wärmekapazität hat, so drückt man die andern Stoffe durch einen Dezimalbruch aus. (Hat demnach ein Körper die Wärmekapazität 0,5, so wird die Hälfte der für Wasser notwendigen Wärmezufuhr genügen, um die gleiche Menge um 1^0 zu erhöhen).

Die Wärmekapazität der wichtigsten Bodenstoffe ist für

(Wasser	= 1)	Quarzsand	0,196
Humus	= 0,477	Kalksand	0,214
		Kaolin	0,233

Den hauptsächlichsten Einfluss auf die Erwärmbarkeit der Böden übt der Wassergehalt, demnächst der an organischen Stoffen aus; wasserreiche Bodenarten bezeichnet man deshalb als „kalte“, wasserarme als „warme“ Böden. Richtig ist dies für die Zeit des Frühjahres, während im Herbst die wasserreichen Thon- und Moorböden durchschnittlich wärmer sind als Mineralböden.

Man kann die Wärmekapazität auf Gewicht und Volumen beziehen; berechnet man auf Volumen, so gleichen sich die Unterschiede der trockenen Böden erheblich aus, lassen jedoch den beherrschenden Einfluss des Wassergehaltes noch mehr hervortreten.

2. Einfluss der Farbe der Böden macht sich darin geltend, dass dunkel gefärbte Böden mehr Wärme absorbieren als hellfarbige; der Absorption steht gesteigerte Ausstrahlung gegenüber, ohne dass jedoch die Temperatur der gefärbten Böden unter die der hellen herabsinkt. Für Waldböden, die fast stets eine Bodendecke haben, ist der Einfluss der Färbung sehr gering; beim Weinbau, in der Gärtnerei sucht man gelegentlich durch Bedecken mit dunkelfarbigen Stoffen (Thonschiefer, Russ) die Temperatur des Bodens zu steigern.

3. Die Wärmeleitung. Die Leitung der Wärme im Erdboden wird beeinflusst durch Zusammensetzung, Korngrösse, Lagerungsweise und zumeist durch den Wassergehalt.

Der Boden ist aufzufassen als Aggregat verschiedener Körper, die durch schlecht leitende Luftschichten mehr oder weniger von einander isoliert sind. Je grösser die Bodenkörner sind und je dichter gelagert, um so günstiger für die Wärmeleitung. Steine im Boden steigern die Wärmeleitung erheblich, grobkörnige Böden leiten gut, feinkörnige, zumal humose langsam. Den stärksten Einfluss übt der Wassergehalt. Indem die Luft durch das etwa 30 mal besser leitende Wasser verdrängt wird, tritt die spezifische Leitfähigkeit der Körper mehr hervor, die bei den Mineralteilen des Bodens nicht erheblich verschieden ist und nur bei den humosen Stoffen sehr klein zu sein scheint.

Für die Wärmeverhältnisse des „gewachsenen“ Bodens ist die Wärmeleitung wichtig, daneben machen jedoch auch die Wärmekapazität, die Bindung der Wärme durch Verdunsten von Wasser und der Einfluss der Bodendecke sich geltend.

γ) Bodentemperaturen. Schwankungen der Bodentemperatur nehmen von der Oberfläche ihren Ausgang. Von hier aus erfolgt der Ausgleich gegen die tieferen Schichten. Da dieser nur allmählich erfolgen kann, ist die Zeit, in welcher die höchste bez. niederste Temperatur eintreten kann, nach der Tiefe verlangsamt; die Verzögerung ist für verschiedene Bodenarten von wechselnder Grösse und namentlich bei sehr wasserreichen Böden bedeutend.

Tägliche Schwankungen. Während der kühleren Jahreszeit und bei fehlender Sonnenbestrahlung geht die Temperatur der obersten Bodenschicht meist der Lufttemperatur parallel, erreicht bei intensiver Bestrahlung aber oft bedeutende Höhe. (Auch in gemässigten Klimaten sind an Sommertagen Temperaturen von 40—50° beobachtet.)

Die höchste Tagestemperatur tritt in der Regel einige Zeit nach dem höchsten Sonnenstande, die niederste bei oder kurz vor Sonnenaufgang ein.

Die täglichen Schwankungen sind an der Oberfläche am grössten, nehmen nach der Tiefe des Bodens ab und sind in unseren Breiten in der Regel bei 1 m Tiefe unmerklich.

Jährliche Schwankungen machen sich in unserem Klimat bis zu 20—30 m Tiefe geltend; sie erstrecken sich um so weiter, je grösser die Temperaturunterschiede zwischen den Jahreszeiten sind. Dieselben Gründe, welche Verzögerung der Maximal- und Minimaltemperaturen vereinfachen, wirken auch auf die Jahresschwankungen. Im Sommer sind die oberen Bodenschichten wärmer, im Winter kälter als die tieferen. Der Wechsel tritt in unseren Gebieten in der Regel im September und im Mai ein

(Umkehr der Temperatur des Bodens).

§ 58. r) Kondensationserscheinungen im Boden. Alle Körper verdichten Gase an ihrer Oberfläche. Im Durchschnitt werden die leicht verflüssigbaren Gase (Wasserdampf, Kohlensäure) stärker verdichtet als schwer verflüssigbare (Sauerstoff, Stickstoff). Die Menge der absorbierten Gase wächst mit der Oberfläche der Bodenteile, dies gilt vom Wasserdampf; ferner ist sie abhängig von chemischen Wirkungen, Temperatur und dem Teildruck der einzelnen Gase, d. h. dem Druck, welchen sie ausüben würden, wenn sie allein, ohne Mischung mit anderen Gasen, vorhanden sein würden. Von den Bodenbestandteilen sind bei der Kondensation am wirksamsten humose Stoffe und Eisenoxyd.

Wasserdampf wird stark verdichtet. Die Menge des hierbei aufgenommenen Wassers ist für das Pflanzenleben ohne direkte Bedeutung, da die Wurzeln dem Boden dieses Wasser nicht entziehen können. Die Menge schwankt in weiten Grenzen, ist für Sandboden am geringsten, für Humusböden am höchsten.

Von dem verdichteten Wasserdampf, der die Bodenteile nur in der Dicke einer Molekülschicht überzieht, sind Tauniederschläge wesentlich verschieden, die überall eintreten werden, wenn der Sättigungspunkt der Luft an Wasserdampf erreicht und die Temperatur der obersten Bodenschicht unter der durchschnittlichen Lufttemperatur liegt. Es scheint, dass diese Vorgänge für Umlagerung des Wassers im Boden Bedeutung haben und in armen (regenarmen) Gebieten einen Teil des Wasserbedarfs der Vegetation decken.

Kohlensäure, zumal feuchte Kohlensäure wird reichlich im Boden verdichtet. Eisenoxyde nehmen daran viel auf und können bei der Verwitterung als Ueberträger der Kohlensäure wirken.

Ammoniakgas und kohlensaures Ammon werden stark absorbiert.

Sauerstoff und Stickstoff werden mässig stark verdichtet; Stickstoff wird namentlich von Eisenoxyden aufgenommen.

Die absorbierten Gase werden bei Benetzen mit Wasser nur teilweise verdrängt. Bei zeitweiser Ueberstauung mit Wasser kann daher der Boden den Wurzeln die zur Atmung notwendige Menge Sauerstoff liefern.

Bei der Absorption der Gase wird durch deren Verdichtung Wärme frei. Man hat in neuerer Zeit die Wärmetönung als Mass für die Bodenoberfläche benutzt.

§ 59. s) Durchlüftung des Bodens. Die Durchlüftbarkeit des Bodens erweist sich als eine der wichtigsten Eigenschaften des Bodens; sie ist aber schwer rein zu studieren, da mit ihr zugleich verschiedene andere Faktoren beeinflusst werden.

Die Bodenluft, d. h. die Luft, welche sich zwischen den einzelnen Bodenteilen befindet, unterscheidet sich in ihrer Zusammensetzung von der atmosphärischen Luft durch fast stets vorhandene Sättigung mit Wasserdampf und Reichtum an Kohlensäure (im Durchschnitt etwa 0,3%), oft auch durch Mindergehalt an Sauerstoff. Nach der Tiefe steigt der Kohlensäuregehalt. Die schädigende Wirkung stagnierender Bodenluft auf Pflanzenwurzeln ist wahrscheinlich der Giftwirkung der Kohlensäure zuzuschreiben, die schon bei einem Gehalt von einigen Prozenten hervortritt, weniger direkten Mangel an Sauerstoff, der nur in humosen Bodenarten zu beobachten ist.

Zwischen Bodenluft und atmosphärischer Luft findet fortgesetzter Austausch statt. Wirksam sind dabei die Diffusion der Gase, Temperaturschwankungen, wechselnder Luftdruck, Eindringen der Niederschläge und die mechanische Einwirkung überstreichender Winde, die auf die Bodenluft saugend wirken.

§ 60. 3. Schluss. Die Bedeutung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Böden hat man häufig gegen einander abgewogen.

Als Regel muss gelten, dass beide von einander abhängig sind und sich gegenseitig beeinflussen. Je nach Bodenart und äusseren Verhältnissen werden bald die einen, bald die andern die Bodeneigenschaften beherrschen. In Moorböden und Sandböden wird die Ertragfähigkeit überwiegend durch den Gehalt an Nährstoffen, also die chemischen Eigenschaften beherrscht, während in Lehmböden beide gleiche Bedeutung haben, in den schweren Böden die physikalischen den Vorrang erlangen.

Durch Eingriffe der Menschen können jedoch die chemischen Eigenschaften, soweit sie dem Nährstoffbedarf der Pflanzen dienen, relativ leicht und meist mit ökonomischem Erfolg (wenigstens beim Feldbau) verbessert werden, während die physikalischen Eigentümlichkeiten entweder gar nicht oder nur mit unverhältnismässigen Unkosten verändert werden können; sie erscheinen so als die bleibenden Eigenschaften, sind dem Eingriff der Menschen schwer zugänglich und beherrschen dadurch zunächst den Bodenwert.

VIII. Die Lage des Bodens.

§ 61. Exposition ist die Lage einer Fläche gegen die Himmelsrichtung. Man unterscheidet sie nach den acht Hauptrichtungen und spricht von Exposition gegen Norden, Nordosten, Osten u. s. w., oder von nördlicher, nordöstlicher, östlicher u. s. w. Exposition.

Inklination ist die Neigung einer Fläche gegen die Erdoberfläche und wird durch den Winkel gemessen, welcher von beiden gebildet wird. In der Praxis begnügt man sich mit folgenden Bezeichnungen im forstlichen Betriebe, die etwas von den in der Landwirtschaft gebräuchlichen Ausdrücken abweichen:

	forstl.	landwirtschaftl.
0— 5°	eben und fast eben	flach oder lehnig
5—10°	sanft oder schwach geneigt	abhängig
10—20°	lehn	abschüssig
20—30°	steil	steil
30—45°	sehr steil oder schroffer Abhang	sehr steil
über 45°	Felsabsturz	schroff.

Exposition wie Inklination sind wichtig für den Grad der Sonnbestrahlung, Einfluss der herrschenden Winde, der Erwärmung und des Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens.

Zur Zeit des höchsten Sonnenstandes ist der Unterschied in der Intensität der Bestrahlung zwischen Süd- und Nordhängen gering, wird jedoch in der kalten Jahreszeit sehr bedeutend. Südhänge erwärmen sich daher im Frühjahr zeitiger als Nordhänge, leiden aber auch leicht durch Spätfröste und durch Austrocknen des Bodens. In Hochlagen sind Hänge mit südlichen Expositionen in der Regel günstiger, in den mittleren oder Tieflagen ungünstiger als Hänge mit nördlicher Exposition.

In bezug auf Einfluss der Winde sind für den Wald Gefährdung durch Stürme und die austrocknende Wirkung der während der Vegetationszeit vorherrschenden Winde besonders wichtig. Die erstere beeinflusst die Schlagstellung, die letztere veranlasst Aushagerung des Bodens und führt leicht zur Bildung von Rohhumus.

Der Einfluss der Exposition tritt am schärfsten hervor in den Küstengebieten (eine Folge der vom Meer herstreichenden Winde) und im Gebirge. Die Unterschiede im Ertrage und Bestande zwischen südlichen und nördlichen Lagen sind dann sehr gross.

Exposition in südöstlicher und südwestlicher Lage erhalten theoretisch die gleiche Summe der Sonnenbestrahlung. Wenn sich zwischen beiden Unterschiede ergeben und namentlich die Südwestseiten ungünstig beeinflusst werden, so beruht es darauf, dass die letzteren die Bestrahlung am Nachmittage, bei höherer Temperatur der Luft em-

pfangen und sie zugleich der Einwirkung der herrschenden Westwinde ausgesetzt sind.

Von Ortslagen unterscheidet man im forstlichen Betriebe namentlich noch:

Ueberragende Hochlage. Einzelne Berge überragen benachbarte Gebiete.

Geschützte Hochlage. Gebirgslagen, die durch benachbartes höheres Gelände geschützt sind.

Tieflage und verschlossene Tieflage, die letztere in schmalen, zumal nach Norden geöffneten Tälern und geschlossenen Einsenkungen.

Frostlagen sind Tieflagen, in denen die Luftbewegung gehemmt ist und die durch Ausstrahlung abgekühlter tieferer Luftschichten nicht abfliessen können. Besitzen sie geringen Umfang, so spricht man von Frostlöchern.

IX. Hauptbodenarten.

§ 62. So mannigfaltig die Böden sind, so lassen sie sich doch in Gruppen einordnen, welche sich durch gemeinsame Eigenschaften auszeichnen. Es gilt dies wenigstens für die Böden bestimmter klimatischer Gebiete. Bisher sind namentlich die Böden der kühleren gemässigten Zonen untersucht worden.

1. Steinböden setzen sich in der Hauptmasse aus wenig zersetzten Bruchstücken von Gesteinen zusammen. Soweit überhaupt mit Vegetation bedeckt, sind es ausschliesslich Waldböden. Man unterscheidet:

a) Grosssteinige Waldböden. Zusammengehäufte Steinblöcke. Die Wurzeln der Bäume können nur in die Zwischenräume der Steine eindringen, auf Granit, Porphyren u. s. w.

b) Grussböden. Aus Gesteinsgruss, d. h. zerfallenen eckigen Bruchstücken der anstehenden Gebirgsart zusammengesetzt; erdarm und trocken, bieten sie zumeist mineralisch schon etwas günstigere Verhältnisse als die grobsteinigen Ablagerungen.

c) Grandböden. Ablagerungen von Granden, d. h. durch Bewegung in Wasser gerundeter Geschiebemassen. In tieferen Lagen bei flach anstehendem Grundwasser oft nicht ungünstig.

2. Sandbodenarten; Böden, welche ihren Charakter durch Vorherrschen von Sandkörnern erhalten. Nach der Korngrösse unterscheidet man feinkörnigen, mittelkörnigen, grobkörnigen Sandboden. Die Hauptmenge der gewöhnlichen Sandböden wird von Quarzkörnern gebildet.

Sandböden sind meist tiefgründig, oft locker gelagert; sie haben geringe Wasserkapazität, die Tiefe, in welcher Grundwasser ansteht, beeinflusst die Vegetation sehr stark; im übrigen wird unter gleichen Verhältnissen die Produktion auf Sandböden vom Gehalt an mineralischen Nährstoffen beherrscht.

Sandböden erwärmen sich leicht, die Vegetation erwacht deshalb früh, leidet aber auch vielfach unter Spätfrösten.

Freistellung führt leicht zur Aushagerung des Bodens (Verwesen des Humus und Zerstörung der Krümelstruktur). Die an Mineralstoffen armen Böden leiden vielfach unter Bildung von Rohhumus.

Die Eigenschaften der Sandböden werden stark und im günstigen Sinne durch Beimischung mässiger Mengen von Humus oder Thon beeinflusst. Man unterscheidet:

a) Humose Sandböden, zumal in Wasserkapazität und Krümelung viel günstiger als die reinen Sande. Je nach der Menge des vorhandenen Humus unterscheidet man schwach humose, humusreiche Sandböden. Schon recht geringe Mengen an Humus (1—2%) verändern den Charakter des Bodens; bei Gehalten über 10% nähern sich die Böden bereits in ihren Eigenschaften den Humusböden (Moorböden).

b) Lehmige Sande. Mischungen von Sand mit abschlämmbaren Bestandteilen.

Ist der Gehalt an Thon sehr gering, so spricht man von „anlehmigem“ Sande; bei 2—5% Thon ändert sich schon der Boden sehr wesentlich, er wird bindig, die Wasserkapazität steigt; häufig steht der Vorrat an Pflanzennährstoffen in enger Beziehung zur Menge der abschlämmbaren Bestandteile.

3. Lehmböden; Mischungen von Sand mit Thon. Man unterscheidet sandige Lehmböden. Beim Zerdrücken der Böden treten die Sandkörner deutlich in Erscheinung.

Lehmböden. Der Sandgehalt wird erst beim Abschlämmen bemerkbar; der Boden ist von mittlerer Bindigkeit.

Schwere Lehmböden. Reich von abschlämmbaren Bestandteilen, von starkem Zusammenhang und Bindigkeit.

Natürlich sind alle Zwischenglieder vom „anlehmigen“ Sande bis zum „schweren“ Lehmboden in der Natur vorhanden, der wieder zu den Thonböden hinüberleitet; derartige Böden richtig anzusprechen lernt man nur durch häufiges Beobachten in der Natur.

Die Lehmböden sind im Durchschnitt die günstigsten Böden, landwirtschaftlich zumeist von mittlerem Ertrage sind sie sehr „sichere“ Böden, die auch bei wechselnden Witterungsverhältnissen durchschnittliche Ernten liefern. Im Walde sind im Flachlande die Lehmböden gern von Laubhölzern besetzt, im höheren Gebirge meist mit Fichte bestanden.

Die Wasserkapazität der Lehmböden ist von mittlerer Höhe; der Grad der Krümelung und die Mächtigkeit der gekrümelten Schicht sind häufig von durchschlagender Bedeutung für den Bodenwert.

Die Zersetzung der organischen Abfallreste erfolgt in mittlerer Geschwindigkeit. Rohhumusbildungen finden sich fast nur in sehr feuchten und kalten Lagen.

4. Thonböden. Bodenarten, deren Eigenschaften durch Ueberwiegen der abschlämmbaren Bestandteile, auch wohl durch den Gehalt an „colloidalen“ Thonsubstanzen beherrscht werden.

Die Wasserkapazität ist sehr hoch, die Erwärmbarkeit gering; Thonböden sind daher „kalte“ und, da sie der Bearbeitung grosse Schwierigkeiten machen, „schwere“ Böden.

Krümelung tritt langsam ein und wird leicht zerstört, erhöht aber den Bodenwert sehr stark. Beim Austrocknen schwindet das Bodenvolumen beträchtlich und es entstehen oft tiefe den Boden durchsetzende Spalten.

Die Zersetzung der organischen Abfallreste erfolgt ziemlich langsam.

Dicht gelagerte Thonböden gehören oft zu den ganz geringwertigen Böden (z. B. tertiäre Thone); landwirtschaftlich genutzte und durch Bearbeitung und Humusbeimischung verbesserte Böden geben oft sehr hohe Erträge, sind aber von der Witterung abhängig (unsicher).

5. Kalkböden. Bodenarten, die aus der Verwitterung von Kalkgesteinen hervorgehen. Da hierbei der kohlensaure Kalk gelöst und weggeführt wird, so sind die entstehenden Böden verschieden nach den Beimengungen, welche das ursprüngliche Gestein enthielt und schwanken daher in Zusammensetzung und Bodenwert in weiten Grenzen. Die grosse Zahl der „Kalkböden“ trägt den Charakter „schwerer Thonböden“, welche durch das spaltenreiche Grundgestein stark entwässert werden. Die Zersetzung der Waldabfälle geht auf Kalkböden leicht von statten, bei gutem Humuszustand sind solche Böden fruchtbar und tragen namentlich wertvolle Laubhölzer (Buche, Ahorn, Esche, Sorbusarten). Die natürliche Verjüngung geht bei angemessener Vorsicht leicht von statten.

Unvorsichtige Entwaldung führt zur Vertrocknung und völliger Unfruchtbarkeit.

X. Die Bodendecke.

§ 63. Arten der Bodendecke. Als Bodendecke ist jede auflagernde und von ihm abweichende Bedeckung des Bodens zu verstehen. Die Bodendecke kann anorganisch (Schnee, Sand, Steine u. s. w.) oder organisch, leblos (Stroh, Waldstreu u. s. w.) sein, oder aus lebenden Pflanzen bestehen.

Mit Ausnahme von anorganischen Bodendecken abweichender physikalischer Beschaffenheit schwächt jede Bodendecke die Extreme der Temperatur ab; bedeckte Böden sind im Sommer kühler, im Winter wärmer als unbedeckte; sie sind während der Sonnbestrahlung ebenfalls kühler, in der Nacht wärmer als unbedeckte.

Der Wassergehalt ist in bedeckten Böden bei leblosen Bodendecken höher, bei Pflanzendecken, welche ihre Wurzeln in den Boden einsenken, mindestens in den tieferen Schichten wesentlich niedriger als in unbedeckten Böden.

Schnee. Schnee wirkt als eine Lage feinkörnigen Materials, deren einzelne Teile durch schlechtleitende Luftschichten von einander getrennt sind. Die unterlagernden Schichten werden so gegen extreme Abkühlung geschützt.

Im Walde erfolgt das Abtauen des Schnees in der Regel wesentlich langsamer als im freien Felde. Hiermit geht langsamere Absickerung Hand in Hand. Die Summe des in den Boden eindringenden Wassers wird erhöht, oberflächliches Abfliessen vermindert. Es ist dies eine der wichtigsten Wirkungen des Waldes in bezug auf die Wasserführung der Quellen und Flüsse.

Unbedeckter Boden bei Frosttemperaturen (Barfrost) setzt die Pflanzen dem Ausfrieren aus, welches zumal auf wasserreichen Böden (Moor, Thonböden) auftritt.

Steine. Auflagernde Steine erwärmen den unterliegenden Boden infolge rascherer Wärmeleitung und setzen die Verdunstung herab.

Von physikalisch abweichenden Bodenschichten ist namentlich die Wirkung oberflächlicher Bodenbearbeitung, die verdunstungmindernd wirkt, und die Verdichtung des Bodens durch Walzen anzuführen; engere Lagerung der Bodenteile steigert die Wasserkapazität.

Sanddecken kommen namentlich bei den Moorkulturen zur Wirkung, wo sie den Pflanzen einen festen Standort bieten, sie gegen Ausfrieren schützen, die Verdunstung mindern und die Temperatur des unterlagernden Bodens steigern.

Lebende Pflanzendecken. Mit Pflanzen bedeckte Böden haben geringere Durchschnittstemperatur als brache Böden, während zugleich die Extreme abgeschwächt sind. Die stärkste Wirkung tritt zur Zeit der höchsten Jahrestemperatur ein, und ist in den Mittagstunden am höchsten.

Es gilt dies auch für die Waldböden, welche im Jahresdurchschnitt erheblich kühler als Freilandböden sind, trotzdem ihre Temperatur im Winter um 1—1½° höher ist.

Die Einwirkung einer lebenden Pflanzendecke auf die Struktur des Bodens ist der Erhaltung der Krümelung sehr günstig. Versuche bei Feldböden, die Wollny ausführte, ergaben übereinstimmend Abnahme des Porenvolumen im Verlaufe einer Vegetationszeit, aber in bedeckten Böden in viel geringerem Masse als in brachen Böden. Im Walde ist eine der wichtigsten und bedeutsamsten Wirkungen des Bestandesschlusses und der Streudecke die Erhaltung günstiger Bodenstrukturen.

Der Einfluss der Bodendecke auf den Wassergehalt der Böden setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen.

Die Summe des zugeführten Wassers ist geringer als auf freien Böden, da die Bodendecken, zumal lebende Pflanzen, eine wechselnde Menge der Niederschläge auf-

fangen und direkt verdunsten lassen. Die Feldfrüchte wirken je nach Entwicklung und Stand verschieden stark ein; im Durchschnitt kann man annehmen, dass der Boden 60—80% der Niederschläge während der Vegetationszeit erhält. Im Walde wird etwa ¼ des Wassers von den Baumkronen aufgefangen; ein nicht unerheblicher Teil (etwa 10%) läuft jedoch an den Stämmen ab oder wird beim Abtropfen von den Aesten (Traufe) einzelnen Stellen des Bodens zugeführt.

Die Oberflächenverdunstung der Böden ist bei Pflanzenbedeckung infolge verminderter Erwärmung und geringerer Luftbewegung geringer, als auf Freilandböden. Hierdurch ist es veranlasst, dass die Oberfläche bedeckter Böden feuchter ist als die bracher Böden. Es hat dies lange zur Meinung geführt, dass letztere überhaupt wasserärmer seien.

Infolge des Wasserverbrauchs lebender Pflanzen werden jedoch die tieferen von Wurzeln durchzogenen Bodenschichten stark an Feuchtigkeit erschöpft. Mit lebenden Pflanzen bedeckte Böden, soweit man von Moosdecken absieht für die andere Regeln gelten, sind daher immer wasserärmer als brache Böden.

Die Waldstreu. Unter dem Schirme der Waldbäume erhält sich in unseren Gebieten eine Bodendecke, die man als Streuschicht, Waldstreu bezeichnet.

Die Streuschicht setzt sich aus den Abfällen des Waldes und aus den unter den Bäumen wachsenden Pflanzen zusammen.

Man unterscheidet:

Laubstreu (Buche, sparsamer Weissbuche, Eiche, Birke und andere Bäume und Laubsträucher). Die Streudecke setzt sich zumal im Buchenwalde fast völlig aus Resten des Bestandes zusammen. Die Hauptmasse wird von abgefallenen Blättern gebildet, denen sich Ast- und Rindenstücke, Fruchtkapseln u. dergl. beimischen.

Nadelstreu. Die Streu der Nadelwälder, im dichten Bestandsschluss aus Nadeln, Borkeschuppen und Astresten gebildet.

Moosstreu. Die Bodendecke wird überwiegend aus Moosen gebildet, zwischen denen die Abfallreste des Waldes eingelagert sind.

Heide und Beerkräuter. Die niedere, zumeist aus Heide, Heidelbeere, Preisselbeere bestehende Bodendecke mit der fast immer unterlagernden Schicht von Rohhumus.

Als Streudecken kommen ferner die Gräser und Farnkraut, speziell Adlerfarn in Frage.

Die Waldstreu hat ausser für den Wald noch für landwirtschaftliche Nutzung Bedeutung. Für letztere ist namentlich ihre Fähigkeit, Flüssigkeiten festzuhalten, von grossem Werte. Auf Volum berechnet bleibt trockene Waldstreu hierin nicht wesentlich hinter Roggenstroh zurück, auf Gewicht bezogen hat nur die reine Nadelstreu geringere Wasserkapazität; die der Moosstreu übertrifft Roggenstroh wohl in allen Fällen erheblich.

Für die Landwirtschaft, namentlich die kleinen Betriebe liefert Waldstreu nicht nur Ersatz für mangelndes Stroh, sondern führt dem Boden auch Pflanzennährstoffe zu. Fast stets geht jedoch mit umfangreicher Benutzung von Waldstreu schlechte Pflege und wenig rationelle Ausnutzung des Düngers Hand in Hand. Ablösung der Streurechte hat daher meist zur Hebung des landwirtschaftlichen Betriebes geführt, da die alten Methoden nicht mehr durchführbar blieben.

§ 64. Die Bedeutung und Wirkung der Streudecke im Walde. Auf guten Waldböden erfolgt die Zersetzung der Streuabfälle in 1—2 Jahren; längere Dauer lässt immer auf weniger günstige Verhältnisse schliessen. Im allgemeinen zeigt sich auf guten Böden kein wesentlicher Unterschied in der Zeit der Zersetzung zwischen

Laub- und Nadelstreu; bei ungünstigen bleibt die letztere länger erhalten.

Nach dem Streuabfall werden die löslichen Mineralteile rasch ausgewaschen. Alle Bestandteile unterliegen dieser Auslaugung. Ein Rest der Mineralstoffe bleibt fester gebunden zurück und wird erst bei fortschreitender Zersetzung löslich. Die Zerstörung der organischen Substanz schreitet vielfach rascher fort, als die Auswaschung, so dass ältere Streu oft mineralstoffreicher als frisch gefallene ist.

Der grösste Teil der organischen Substanz unterliegt der völligen Zerstörung, der Verwesung; ein kleinerer Teil wird dem Boden als Humus beigemischt, dessen Gegenwart alle jene Vorteile herbeiführt, welche humushaltige Böden den humusarmen gegenüber haben. Im normalen Waldboden ist daher die Waldstreu die Quelle des Humus. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn Rohhumusschichten vorhanden sind. Steigerung dieser Schichten ist ohne Wert, vielfach schädlich für den Wald.

Durch die abfallenden Blattorgane werden dem Boden die Mineralstoffe wieder zugeführt, welche von den Bäumen aufgenommen wurden und die im Nadelwalde in mehreren Jahren, im Laubwalde alljährlich dem Bestande zur Verfügung stehen müssen. Durch Streuentnahme wird eine starke Ausfuhr an leicht löslichen und für die Wurzeln aufnehmbare Nährstoffe geübt und namentlich der obersten Bodenschicht eine der Hauptbedingungen der Erhaltung der Krümelung, die Gegenwart löslicher Salze, entzogen. Zumal in Laubwäldern, deren Bedarf viel höher ist, als der der Nadelwälder, kann Mangel an Nährstoffen ins Gewicht fallen.

Durch regelmässige Streuentnahme wird der unterlagernde Boden stark beeinflusst, sowohl in bezug auf chemische, wie auf physikalische Eigenschaften.

Alle regelmässig berechten Böden zeigen nach längerer oder kürzerer Zeitdauer ausgesprochene Verdichtung des Oberbodens. Das „tennenartige“ Hartwerden des Bodens gilt mit Recht als eine der schädlichsten Einwirkungen und ist bei reicheren Bodenarten wohl überhaupt als die ungünstigste Veränderung anzusehen. Boden der Laubwälder zeigt diesen Vorgang in viel schärferer Weise als der der Nadelwälder. Schwere Bodenarten werden stärker beeinflusst als leichtere. Die oberflächliche Bodenverhärtung ist eine Folge der Wirkung der fallenden Regen, zum Teil wohl auch der Ausfuhr löslicher Salze; sie tritt bei Laubwäldern, zumal wenn die Streuentnahme dem Laubfalle folgt, viel stärker hervor als in Nadelwäldern.

Die bisherigen Untersuchungen haben die früher herrschende Annahme, dass berechte Flächen wasserärmer seien als geschonte, nicht bestätigt. Die Oberfläche berechter Böden ist stärkeren Schwankungen im Wassergehalt ausgesetzt als gedeckter Boden; in mittlerer Tiefe sind wechselnde Verhältnisse, die aber im Durchschnitt nicht zu Ungunsten der berechten Böden ausfallen, in grösserer Tiefe sind die berechten Böden meist reicher an Feuchtigkeit. Dieses Verhalten lässt sich zumeist durch die Aenderungen der physikalischen Verhältnisse des Bodens erklären; bisher liegt jedoch noch keine Beobachtung vor, welche darauf hinweist, dass verschiedene Wasserführung einen wesentlichen Einfluss auf die Ertragfähigkeit der berechten Waldböden ausübt.

Alle Untersuchungen haben bisher übereinstimmend ergeben, dass sich durch chemische Analyse bei Lehmboden, oder sonstigen schweren Bodenarten Abnahme an Nährstoffen nicht nachweisen lässt; die Differenzen sind zu klein, um bemerkbar zu werden. Anders gestaltet sich dies bei Sandböden. Hier zeigen die Analysen übereinstimmend starke Abnahme an löslichen Mineralstoffen, und zwar in einer solchen Höhe, dass die mit der Streu ausgeführten Mengen zur Erklärung nicht ausreichen und man gesteigerte Auswaschung des Bodens annehmen muss.

Die Zulässigkeit der Streuentnahme wird daher je nach den Verhältnissen ganz verschieden beurteilt werden müssen. Sind im Walde starke Rohhumusschichten vor-

handen, so wird deren Abgabe, zumal in Streifen, wenig Bedenken entgegenstehen.

Als Regeln für Streuabgabe kann man im Interesse des Waldes folgende aufstellen:

1. Jede jährlich wiederkehrende Streuentnahme wird zur Verarmung an löslichen Nährstoffen und zur physikalischen Verschlechterung des Bodens führen.

2. Laubhölzer unterliegen der Einwirkung der Streuentnahme viel mehr als Nadelhölzer.

3. Die Streuentnahme in Laubwäldern ist kurz vor der Zeit des Laubabfalles am wenigsten schädlich.

4. Streifenweise Streuentnahme ist am wenigsten schädlich für den Wald.

5. Bestände mit Rohhumusdecken werden weniger durch Streuentnahme beeinflusst, als günstige Waldböden.

6. Flachgründige, sehr arme und schwere Böden sind tunlichst von der Streuentnahme auszuschliessen; dasselbe gilt für exponierte Lagen, West- und Südhänge, Waldränder.

XI. Pflanze und Boden.

Die Entwicklung der Pflanzen ist an bestimmte Bedingungen gebunden. Diese sind teils physikalischer und meteorologischer Natur, teils beruhen sie auf der Einwirkung bestimmter Stoffe, die im Pflanzenkörper aufgenommen werden und für die Umbildungen der Stoffe im Pflanzenkörper unbedingt notwendig sind; man kann sie kurzweg als die chemischen Bedingungen des Pflanzenwachstums bezeichnen. Hier kommen nur die chlorophyllführenden Pflanzen in Betracht; die vielfach abweichenden Verhältnisse der chlorophylllosen können unberücksichtigt bleiben. Eine Anzahl der wichtigsten, namentlich der meteorologischen Punkte sind schon von Weber im ersten Abschnitt dieses Buches behandelt worden.

§ 65. 1. Die physikalischen Faktoren des Pflanzenwuchses sind Licht und Wärme.

Licht wird von allen Chlorophyllpflanzen verlangt, da nur unter dessen Mitwirkung die Pflanze befähigt ist, Kohlensäure und Wasser zu zerlegen und in organische Verbindungen umzuwandeln. Ausserdem übt das Licht noch bestimmte mechanische Wirkungen auf die Pflanze aus, indem es die Streckung der einzelnen Organe mässigt und auf eine stärkere Ausbildung der äusseren Pflanzenschichten hinzuwirken scheint.

Ohne Licht erfolgt in der Pflanze keine Assimilisation. Kohlensäure und Wasser sind zwei sehr stabile Verbindungen, die Zerlegung derselben, namentlich bei niederer Temperatur, ist schwierig. Es bedarf daher einer äusseren Kraftwirkung, um diese herbeizuführen. Diese Kraft liefert das Sonnenlicht. Soweit die bisherigen Arbeiten reichen, geht aber neben der Assimilisation auch eine teilweise Zersetzung der organischen Stoffe Hand in Hand, nur dass die erstere Wirkung überwiegt. Wird die Lichtstärke sehr gross, wie im direkten Sonnenlicht, so kann die zersetzende Wirkung sich so sehr steigern, dass die Assimilisation sinkt. Alle Untersuchungen haben ergeben, dass eine mittlere Helligkeit für alle Pflanzen, selbst die der Tropengebiete am günstigsten einwirkt.

Unter Einwirkung wechselnder Beleuchtungsgrade bilden sich die Blattorgane sehr verschieden aus. Die Lichtblätter der Buche z. B. sind dick, haben Palissadenparenchym, die Schattenblätter sind dünn, oft nur $^1/_5$ der Stärke normaler Blätter mit abweichend gebautem, sog. Flaschenparenchym. Auch bei den Nadelhölzern finden sich analoge Unterschiede im Bau der Blattorgane. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass schwach belichtete und in der Assimilation gehemmte Blätter nicht

genügend zur Ernährung der Aeste, an denen sie sich befinden, beitragen können, was endlich zu deren Absterben führt. Der Unterschied in der Astentwicklung einer freiständig und im Schluss erwachsenen Fichte zeigt diese Verhältnisse.

Viel zweifelhafter ist es jedoch, ob das Verhalten der Baumarten und der Lichtungszuwachs zunächst auf Lichtwirkungen zurückzuführen ist. Die Beobachtung, dass sich einzelne Baumarten im Alter licht stellen, während andere einen geschlossenen Bestand bilden, hat die Unterscheidung in Licht- und Schattenhölzer herbeigeführt. Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass bei der Beurteilung dieser Verhältnisse zu einseitig vorgegangen worden ist und dass bei der räumigen Stellung der Bäume viel mehr die Deckung des Bedarfes an Wasser und an Mineralstoffen sowie artliche Eigenschaften die Ursache sind als die Wirkung des Lichtes. Würde das letztere der Fall sein, da die zugeführte Lichtmenge im wesentlichen für alle Gebiete unserer Gegend die gleiche ist (Abweichungen davon bieten nur die Hänge, die je nach ihrer Neigung und Exposition mehr oder weniger Licht empfangen, als der Ebene entsprechen würde), so müssten auch die Lichtholzpflanzen sich überall gleichmässig räumig stellen. Tatsächlich findet sich aber auf den besseren Böden ein viel engerer Bestand und scheint dies darauf hinzuweisen, dass die Ernährungsverhältnisse massgebend sind.

Ganz ähnliche Verhältnisse bietet der sogenannte „Lichtungszuwachs". Allerdings ist es hier im hohen Masse wahrscheinlich, dass in jüngeren, namentlich sehr dichten und gedrängt erwachsenen Beständen die bei einer Durchforstung eintretende stärkere Zuführung von Licht eine erhebliche Bedeutung hat. Die Hauptwirkung muss man jedoch den geänderten Ernährungsverhältnissen zuschreiben.

Durch die plötzliche Lichtstellung, die stärkere Erwärmung des Bodens u. s. w. wird eine rasche und gesteigerte Zersetzung der aufgehäuften organischen Reste herbeigeführt und dadurch den Bäumen eine grosse Menge leicht aufnehmbarer Nährmittel geboten. Auch der Wasserverbrauch ist für die geminderte Anzahl der Stämme geringer und sind so alle Bedingungen einer besseren Ernährung der noch vorhandenen Stämme geboten.

Bemerkenswert ist noch, dass im Schatten erwachsene Nadelhölzer, deren Nadeln geringer Lichtwirkung angepasst sind, gegen plötzliche Freistellung empfindlicher als Laubhölzer sind.

§ 66. 2. Die chemischen Bedingungen des Pflanzenwuchses. Zur Produktion der organischen Substanz notwendige Stoffe sind:

a) Sauerstoff. Alle lebenden Organismen atmen und verbrauchen hierbei Sauerstoff, den die atmosphärische Luft in reichlicher Menge zur Verfügung stellt. Mangel an Sauerstoff kann nur bei längerer Ueberstauung unter Wasser und in Humusböden hervortreten.

b) Kohlensäure ist ein wichtiges und unentbehrliches Nährmittel der Chlorophyllpflanzen, deren Assimilation auf der Zersetzung der Kohlensäure beruht.

Der Gehalt an Kohlensäure in der atmosphärischen Luft ist gering und vielfach schwankend. Er beträgt durchschnittlich 3 Tausendteile der Atmosphäre. Eingehende Untersuchungen von Ebermayer (Die Beschaffenheit der Waldluft und die Bedeutung der atmosphärischen Kohlensäure für die Waldvegetation. Stuttgart 1885) haben gezeigt, dass der Kohlensäuregehalt der Waldluft von dem der übrigen atmosphärischen Luft nicht wesentlich abweicht. Dieses Resultat ist mit allen bisher bekannten Verhältnissen in innigster Uebereinstimmung.

Zu bemerken ist, dass die Blattorgane erheblich mehr Kohlensäure zu verarbeiten vermögen, als in der Atmosphäre dargeboten wird. Man hat als Optimum des Kohlensäuregehaltes unter dem gewöhnlich herrschenden Luftdruck etwa 10% gefunden. Viel

früher macht sich jedoch eine Giftwirkung geltend, so dass Pflanzen bereits bei ein paar Prozent Kohlensäure der Luft zu leiden beginnen. Wahrscheinlich ist die ungünstige Wirkung schlecht durchlüfteter Böden auf hohen Gehalt an Kohlensäure zurückzuführen.

c) Stickstoff. Nach den bisherigen Untersuchungen kann man nur den Leguminosen, ferner der Erle und dem Sanddorn die Fähigkeit zuschreiben, elementarem Stickstoff unter Mitwirkung niederer Organismen nutzbar zu machen; für die übrigen Pflanzen, insbesondere unsere Waldbäume, ist dies zweifelhaft oder direkt zu verneinen; sie sind zu ihrer Entwicklung auf gebundenen Stickstoff angewiesen.

Dem Boden wird durch atmosphärische Niederschläge eine kleine Menge von Stickstoffverbindungen zugeführt; im Durchschnitt etwa 4—5 kg für Jahr und Hektar. Hiervon ist der grössere Teil als Ammoniak, der kleinere als Salpetersäure und salpetrige Säure vorhanden.

Bei der Zersetzung organischer Stoffe wird Stickstoff in aufnehmbare Verbindungen (Ammon und Salpetersäure) übergeführt.

Die Frage der Herkunft des gebundenen Stickstoffs im Boden ist noch immer nicht voll geklärt, obgleich kaum ein Gegenstand der Agrikulturchemie gegenwärtig so vielfach bearbeitet wird. Festgestellt ist, dass eine Anzahl Bakterien Stickstoff assimilieren und dass unter ihrer Mitwirkung die Leguminosen, in deren Wurzeln sich Bakterienkolonien bilden und dadurch Anschwellungen (Wurzelknöllchen) veranlassen, Stickstoff zu binden vermögen.

Für unsere Waldbäume ist die Frage der Stickstoffernährung noch offen. v. Schröder sah in der Streu den Stickstoffdünger des Waldes. In einer vortrefflichen Untersuchung zeigte er, dass die jährliche Zufuhr aus der Atmosphäre ausreicht, die Mengen gebundenen Stickstoffs zu liefern, welche zur Holzerzeugung gebraucht werden, dass bei Ausfuhr der Streu dagegen ein Mangel an diesem Stoff eintreten müsse. Analysen streuberechter Böden ergaben jedoch keinen erheblichen Unterschied zwischen geschonten und berechten Böden und zeigten, dass den Waldböden noch eine andere Stickstoffquelle zur Verfügung stehen muss.

Schlechtwüchsige Baumpflanzen, namentlich Nadelhölzer sind wie alle Pflanzen unter gleichen Umständen für Salpeterdüngung dankbar; anderseits hat man im Pflanzkämpen mit humosen Böden keine Steigerung der Produktion durch Stickstoffdüngung erhalten.

Von den Pflanzen wird Stickstoff in Form von Salpetersäure leicht aufgenommen, weniger gut als Ammoniak. Die Böden der Wälder und saurer Wiesen zeigen nur Spuren von Salpetersäure, oder sind ganz frei davon. Wenn man auch annehmen kann, dass die Bäume sofort jede gebildete Salpetersäure aufnehmen, so ist doch immerhin das Fehlen dieses Stoffes im Boden ein Beweis, dass er nur in ganz geringer Menge entsteht.

Ob die Pilzverwachsungen der Wurzeln unserer meisten Waldbäume, die Mykorhizen, für die Stickstoffernährung Bedeutung besitzen, ist ebenfalls noch zweifelhaft.

Die Ueberführung des bei der Verwesung gebildeten Ammoniaks in Salpetersäure erfolgt unter Mitwirkung einer besonderen Bakterienart, die reichlichen Luftzutritt fordert und in den oberen Bodenschichten am reichlichsten vorkommt. Die Salpetersäure-Bakterien fehlen auch den Waldböden nicht völlig, sind jedoch nur in geringer Zahl vorhanden.

d) Wasser. Die Bedeutung des Wassers für die Vegetation ist eine doppelte, zunächst als direktes Nährmittel der Pflanze. Bei der Zersetzung der Kohlensäure und der Bildung der organischen Substanz werden erhebliche Mengen von

Wasser verbraucht. Die gebräuchliche Zersetzungsformel stellt ja dies auch dar

$$nCO_2 + nH_2O = nCH_2O + nO_2.$$

Die Bedeutung als Nährmittel des Wassers und die dabei beanspruchten Mengen treten aber ganz zurück gegen die Wassermassen, welche als Lösungsmittel der anorganischen Stoffe, sowie zur Erzeugung der Gewerbespannungen von dem Pflanzenkörper aufgenommen und zumeist durch die Spaltöffnungen wieder ausgeschieden und verdunstet werden.

§ 67. 3. Der Wasserbedarf der Pflanzen ist sehr verschieden und nicht nur für die Arten, sondern selbst für die einzelnen Pflanzen je nach den äusseren Umständen wechselnd. Hierzu kommt noch, dass die ausgeatmete Wassermenge namentlich von dem zur Verfügung stehenden Wasserquantum abhängig ist und mit diesem steigt und fällt. Bei feuchter Luft und reichlicher Wasserzufuhr sind viele Pflanzen befähigt, aus ihren Blattorganen mit Hilfe besonders gestalteter, grosser Spaltöffnungen Wasser in flüssiger Form auszuscheiden. Bei Trockenheit dagegen schliessen sich alle Spaltöffnungen zum Teil und setzen so die Verdunstung herab.

Es ist daher für die Pflanzen ein Minimum des Wasserbedarfs vorhanden, welches gerade ausreicht, die Lebensfunktionen zu erhalten. Diesem steht ein Maximum des Wasserverbrauchs gegenüber, welches eintritt, wenn die Pflanze zu allen Zeiten ihrer Entwicklung einen Ueberschuss von Wasser zur Verfügung hat.

Die ersten Versuche, den Wasserverbrauch der Gewächse festzustellen (Literatur in Forschg. d. Agrikulturphysik, 4. Bd. S. 85) litten alle an erheblichen Fehlern. Es wurde durch diese das absurde Resultat erhalten, dass die Wasserverdunstung der Pflanzen die alljährlich zugeführte, oder wenigstens während der Vegetationszeit zugeführte Regenmenge erheblich übersteige. Da diese Angaben im klaren Widerspruch mit den in der Natur zu beobachtenden Tatsachen standen, so wurden die wunderlichsten Theorien aufgestellt, um einen Ausweg aus diesem Irrgarten zu finden.

Erst in später Zeit ist festgestellt, dass die Wasserverdunstung der Pflanzen hinter dem jährlichen Niederschlage zurückbleibt; es gilt dies auch bei Getreide und Kleearten, die von den untersuchten Pflanzen am meisten Wasser verbrauchen.

Die Wasserverdunstung der Waldbäume ist bisher nur durch von Hönel bearbeitet (Mitteil. aus d. forstl. Versuchswes. Oesterreichs Bd. II. Heft I, Heft III; Forschg. der Agrikulturphysik Bd. 2. S. 398 u. Bd. 4. S. 435). Die Beobachtungen zeigen nun mit der grössten Deutlichkeit, dass der Wasserverbrauch selbst stark verdunstender Bäume erheblich hinter den durchschnittlichen sommerlichen Niederschlägen zurückbleibt.

v. Hönel berechnet die verbrauchte Wassermenge auf 1 gr Trockengewicht der vorhandenen Blattsubstanz. In den Jahren 1879, 80 und 81 wurden die Beobachtungen durchgeführt. Im folgenden ist die Tabelle von Hönels, welche die durchschnittliche Wasserverdunstung in Kilogramm Wasser für 100 gr lufttrockene Blätter angibt, mitgeteilt: (Siehe die Tabelle auf Seite 187).

Die Untersuchungen betreffen einen mittleren Wassergehalt des Bodens. Eine völlige Uebereinstimmung der einzelnen Zahlen ist natürlich nicht zu verlangen, da die Sommermonate jener drei Versuchsjahre unter sich sehr verschieden in bezug auf Niederschlagsmengen u. s. w. waren. Ganz besonders tritt aber der gewaltige Unterschied in der Wasserverdunstung zwischen den Laub- und Nadelbäumen hervor. Man darf getrost behaupten, dass die ersteren durchschnittlich zehnmal mehr Wasser verbrauchen als die letzteren.

Da die Angaben auf Trockengewicht der Blattorgane bezogen sind und dies sich

1878	Wasser kl	1879	Wasser kl	1880	Wasser kl
Birke	67,987	Esche	98,305	Esche	101,850
Esche	56,689	Buche	85,950	Birke	91,800
Hainbuche . .	56,251	Birke	84,513	Buche	91,380
Buche	47,246	Hainbuche . .	75,901	Hainbuche . .	87,170
Spitzahorn . .	46,287	Feldulme . . .	75,500	Ulme	82,280
Bergahorn . .	43,577	Eiche	66,221	Bergahorn . .	70,380
Ulme	40,731	Bergahorn . .	61,830	Eiche	69,150
Eiche	28,345	Zerreiche . . .	61,422	Spitzahorn . .	61,180
Zerreiche . . .	25,333	Spitzahorn . .	51,722	Zerreiche . . .	49,220
Fichte	5,847	Fichte	20,636	Fichte	14,020
Weissföhre . .	5,802	Weissföhre . .	10,372	Weissföhre . .	12,105
Tanne	4,402	Schwarzföhre .	9,992	Tanne	9,380
Schwarzföhre .	3,207	Tanne	7,754	Schwarzföhre .	7,005
		Lärche	114,868	Elsebeere . . .	126,200
				Espe	95,970
				Erle	93,300
				Linde	88,340
				Lärche . . .	125,600
		Gesamtmittel .	64,930	Gesamtmittel .	69,880
		Mittel für Laubhölzer . . .	78,900	Mittel für Laubhölzer . . .	82,520
		Mittel der Nadelhölzer . . .	13,488	Mittel der Nadelhölzer . . .	11,307

bei der Kiefer im Verhältnis zum Baumkörper ganz bedeutend geringer stellt als bei Fichte und Tanne, so wird der Unterschied ein noch viel grösserer und tritt auch hierin die Genügsamkeit der Kiefer hervor.

Als besonders auffällig muss bezeichnet werden und es ist dies wahrscheinlich auf die Beschaffenheit der Spaltöffnungen zurückzuführen, dass der Transpirationsunterschied für Laubhölzer in der Sonne und im Schatten sehr gering, für die Nadelhölzer sehr gross ist. Einige Beispiele sollen dies zeigen.

Buche in der Sonne . .	76,180	kl für 100 gr Blätter (trocken)
„ im Schatten . .	107,800	„ „ „ „ „ „
Hainbuche (Sonne) . . .	81,300	„ „ „ „ „ „
„ (Schatten) . .	98,900	„ „ „ „ „ „
Bergahorn (Sonne) . .	61,690	„ „ „ „ „ „
„ (Schatten) . .	76,190	„ „ „ „ „ „
Tanne (Sonne)	13,910	„ „ „ „ „ „
„ (Schatten) . . .	4,850	„ „ „ „ „ „
Weissföhre (Sonne) . .	19,190	„ „ „ „ „ „
„ (Schatten) .	5,020	„ „ „ „ „ „
Schwarzföhre (Sonne) .	8,760	„ „ „ „ „ „
„ (Schatten) .	5,250	„ „ „ „ „ „

„Es kann nunmehr keinem Zweifel unterliegen, dass Esche und Birke, auf das Laubtrockengewicht bezogen, am stärksten transpirierten, sich an diese Buche und Haine schliessen, hierauf die Ulmen und endlich Ahorn und Eichen kommen. Was die Koniferen anbelangt, so gilt für sie die Ordnung: Fichte, Weissföhre, Tanne, Schwarzföhre zweifellos“ (v. Hönel l. c.). Für die übrigen Baumarten werden noch zahlreichere Beobachtungen notwendig sein, um ihre Stellung sicher festzulegen.

v. Hönel macht auch den Versuch, für grössere Waldflächen den Wasserver-

brauch annähernd festzustellen; er weist selbst darauf hin, dass derartige Zahlen nur ganz grobe Schätzungen ergeben. Trotzdem haben sie einen bedeutenden Wert, da es nur auf solchem Wege möglich ist, ein Bild von den natürlichen Verhältnissen zu erlangen. So ist der Wasserverbrauch berechnet für

eine 115j. Buche (4—600 Stämme auf d. Hektar) verbraucht etwa 50 kl den Tag und 3500000—5400000 kl für Vegetationszeit und Hektar;

eine 50—60j. Buche (1300 Stämme pro Hektar) verbraucht etwa 10 kl den Tag und 2300000 pro Hektar und Vegetationszeit;

eine 35j. Stangenbuche (4000 Stämme pro Hektar) verbraucht etwa 1 kl den Tag und 700000 kl pro Hektar und Vegetationszeit.

Es geht hieraus hervor, dass die durchschnittlichen sommerlichen Niederschläge ausreichen, den Wasserbedarf des Waldes zu decken, wenn diese, sehr niedrig angenommen, auch nur 30 cm Regenhöhe betragen.

In Zeiten lang anhaltender Dürre tritt es wohl ein, dass der Wassergehalt des Bodens zu gering wird; die Blätter sterben dann frühzeitig ab, sie werden „sommerdürr".

Der Wassergehalt des Bodens wechselt im Laufe des Jahres. Natürlich ist hier von solchen Fällen abzusehen, in denen in mässiger Tiefe das Grundwasser ansteht. In der Regel sammelt sich während des Winters eine nicht unerhebliche Menge von Wasser im Boden an und wird dort kapillar festgehalten. Es ist das die Winterfeuchtigkeit, welche in der forstlichen Literatur eine ausserordentliche Rolle spielt, obgleich wirkliche Wägungen des vorhandenen Wassergehaltes in den verschiedenen Jahreszeiten nur in ganz verschwindender Zahl ausgeführt worden sind. Das folgende hierauf Bezügliche kann daher nur mit Vorbehalt gelten, da die hierbei wesentlich in Betracht kommenden Untersuchungen des Verfassers sich nur auf Sandboden beziehen und in Lehm- und Thonböden wohl andere Verhältnisse auftreten können. (Vergl. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1883, Nov. und Dez.-Heft und Forschung d. Agrikulturphysik Bd. 8. S. 67.)

Man darf annehmen, dass die angesammelte Winterfeuchtigkeit und namentlich der reichliche Wassergehalt der obersten Bodenschichten das Keimen der Samen in hohem Grade befördert und den jungen Wurzeln die notwendige Feuchtigkeit bietet. Allein schon zum Ende des Maimonats ist der Wassergehalt in der Regel erheblich gesunken, um ganz allmählich bis zum Herbste abzunehmen. Der Herbst ist die Zeit der grössten Trockenheit für den Waldboden. Welche Flächen bei sonst gleicher Beschaffenheit jedoch die geringsten Wassermengen enthalten, ist abhängig von den Bestandsverhältnissen. Eine je grössere Zahl von Bäumen und je mehr Laubbäume, um so grösser ist der Wasserverbrauch. Gleichzeitig macht sich aber noch die Bodenbedeckung im höchsten Masse bemerkbar; namentlich Graswuchs verbraucht enorme Wassermengen und kann die Wasserbilanz gänzlich zu Ungunsten eines lichten Bestandes verschieben.

Betrachtet man die Wasserverteilung, so ist auf nicht völlig kahlem Boden die oberste unter der Streudecke liegende Erdschicht die an Wasser reichste. Es ist dies eine Folge des Humusgehaltes und der dadurch gesteigerten Wasserkapazität. Namentlich auf diese Tatsache gründet sich die generell ganz unhaltbare Annahme, dass der Boden unter Waldbestand wasserreicher sei als auf unbestandenen Flächen.

Unterhalb der humosen Bodenschicht folgt sodann der wasserärmste Teil des Bodens, um in einer Tiefe von 0,75—1,50 m wieder zu steigen und dann bis in erhebliche Tiefen nicht wesentlich zu schwanken. Natürlich gilt dies von tiefgründigen gleichartig zusammengesetzten Bodenarten, zunächst von Sandboden. So gibt Grebe (Zeit-

schr. f. Forst- und Jagdwesen 1885 p. 387) für Sand der Tuchler Heide an:

Bodentiefe cm	5	10	40	80	120	200	250	300
Wassergehalt %	4,1	3,8	3,7	3,66	4,35	4,61	4,61	4,60

Zahlen, welche mit den Beobachtungen des Verfassers in der Eberswalder Gegend grosse Uebereinstimmung zeigen.

Es würde eine sehr lohnende und ohne Schwierigkeiten ausführbare Aufgabe für die Herren der forstlichen Praxis sein, ebenfalls derartige Bestimmungen auszuführen und so die Kenntnis der Wasserverhältnisse wesentlich zu fördern.

Die Wasseraufnahme der Pflanzen erfolgt durch die Wurzeln. In der Regel wird die Tiefe, bis zu welcher einzelne Wurzeln eindringen können, sehr unterschätzt. Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, dass die tiefgehenden Wurzeln in erster Linie zur Wasseraufnahme verwendet werden, während die in den höheren Bodenschichten befindlichen Wurzeln den Hauptbedarf an Mineralstoffen zu decken haben. Zumeist sind die ersteren nur schwach, kaum bis fingerstark und entgehen so sehr leicht der Beobachtung, zumal Seitenwurzeln erst in wasserreichen Bodenschichten oder bei Berührung des Grundwasserspiegels gebildet werden. Für die Ernährung der Bäume haben diese Wurzeln wahrscheinlich eine sehr hohe Bedeutung.

Vielfach liegen Beobachtungen vor, dass Bäume wipfeldürr wurden und endlich abstarben, wenn eine Senkung des Grundwasserspiegels erfolgte. Beispiele, in denen diese Wirkung noch auf weite Entfernungen sich bemerkbar machten, sind die Letzlinger Heide; die Umgebung des Warthebruches; das Absterben der älteren Bäume im botanischen Garten zu Berlin nach Erbauung des Schiffahrtskanals. Alle diese Fälle stimmen darin überein, dass ein allmähliches Eingehen der Bäume erfolgte. Im Berliner botanischen Garten zeigte sich sofort ein starkes Fallen des Zuwachses, bis endlich die Bäume abstarben.

Alle diese Erscheinungen sind sicher auf die Senkung des Grundwassers zurückzuführen und sehr wahrscheinlich in der plötzlichen Funktionsänderung der Wurzeln zu suchen, welche bis dahin in das Wasser tauchten. Viele Untersuchungen (vgl. Sachs, landwirtschaftl. Versuchsstationen 1860. Bd. 2. S. 13) beweisen, dass manche Pflanzen ebensowohl befähigt sind, im Wasser, wie in Erde zu wachsen, wenn nur die genügenden Mineralstoffe zugängig sind, dass dagegen das Wurzelsystem der in einem Medium erzogenen Pflanze sich nur schwierig oder gar nicht einer veränderten Ernährung anpassen kann. Es ist so verständlich, dass Bäume, deren Wurzeln das Grundwasser erreichten, nach einer Senkung desselben allmählich zum Absterben kommen. Anderseits ist es in der Regel höchst wahrscheinlich, dass jüngere neu angeschonte Bestände den gleichen Grad der Vollkommenheit wie die abgestorbenen erreichen können, da nur ausnahmsweise ein wesentliches Herabgehen der Bodengüte mit dem Sinken des Grundwassers verbunden ist.

Die gelösten Bestandteile des Wassers üben auf die Vegetation einen hervorragenden Einfluss. Harte Wässer, also solche, welche reichlich Kalksalze (die des Magnesiums treten zurück) gelöst enthalten, sind für die Pflanzen, namentlich die Baumarten, deren Bedarf an Kalk ein hoher ist, sehr günstig. Auch die Flusswässer, sowie die Bäche, welche aus alkalireichen Gebirgen entspringen und daher ärmer an Kalkverbindungen sind (weiche Wasser) üben eine günstige Wirkung. Ganz unfruchtbar sind dagegen die aus Torf und Hochmooren hervortretenden Gewässer. Diese werden fast völlig der Mineralstoffe durch die Moosvegetation der Moore beraubt, sättigen sich mit löslichen, sauer reagierenden Humusstoffen und wirken dadurch ungünstig auf die Pflanzenwelt ein. Hier scheinen zwei Tatsachen, die Armut an gelösten Stoffen und die ungünstigen Eigenschaften der gelösten Humuskörper zusammenzuwirken,

um der Vegetation nachteilig oder doch nicht vorteilhaft zu sein.

Welche grossen Mengen von gelösten Nährstoffen durch eine regelmässige Bewässerung selbst mit weichem Wasser zugeführt werden, haben die Untersuchungen von Laufer über den Babelsberg (Jahrbuch geol. Landesanstalt in Preussen 1880 p. 429) bewiesen.

Laufer bestimmte die Menge der Mineralstoffe, welche in Babelsberg alljährlich durch Bewässerung dem Boden zugeführt wird, für das Hektar zu

15,5 kg salpeters. Ammon,
65 „ kohlens. Ammon,
58 „ schwefels. Kalium,
75 „ kohlens. Kalk.

Es sind dies gewaltige Mineralstoffmassen, die ausreichen würden, jeder Vegetation von den betreffenden Stoffen genug zu bieten. Hinzugefügt muss noch werden, dass die Hauptmasse des Babelsberges aus einem unteren Diluvialsand solcher Beschaffenheit besteht, dass er durchaus geeignet ist, auch ohne Zufuhr von Stoffen, Eichen wie Buchen eine kräftige Entwicklung zu gestatten.

Es ist dies ein Beweis, dass allerdings auch recht arme Bodenarten eine hochentwickelte Waldvegetation tragen können, wenn ihnen genügend Wasser und damit gleichzeitig gelöste Nährstoffe zugeführt werden. Würde es möglich sein, grosse Flächen mit völlig reinem, destilliertem Wasser jahrelang zu überrieseln, so würde mit grosser Wahrscheinlichkeit nur zu bald der Rückgang der Bestände lehren, dass es das Wasser allein nicht tut.

Die verschiedenen Feuchtigkeitsgrade eines Bodens bezeichnet man als:

nass, wenn alle Poren mit Wasser gefüllt sind und beim Herausheben des Bodens Wasser direkt abfliesst. Auf nassem Boden steht in den feuchteren Jahreszeiten meistens anhaltend Wasser und auch in der trockeneren Zeit ist in $^1/_2$ bis 1 m Tiefe zumeist der Wasserspiegel zu erreichen;

feucht, der Boden gibt beim Zusammenpressen zwischen den Händen noch tropfenweise Wasser ab;

frisch, mit mittlerem Wassergehalt; durch Pressen fliesst kein Wasser aus, die einzelnen Bodenteile zeigen jedoch einen mässigen Zusammenhang infolge der vorhandenen Feuchtigkeit (z. B. frischer Sand gegenüber trockenem Sande);

trocken, überwiegend für Sandboden gebraucht, bezeichnet trocken einen an Wasser armen Boden, dessen einzelne Teile keinen Zusammenhang mehr erkennen lassen;

dürr, ohne merkbares flüssiges Wasser.

Zur Bestimmung der verschiedenen Feuchtigkeitsgrade ist eine längere Kenntnis eines Bodens, Berücksichtigung des Bestandes u. s. w. erforderlich, da nach anhaltendem Regen, im Winter u. s. w. natürlich auch trockene und selbst dürre Böden ganz erhebliche Feuchtigkeitsmengen enthalten können.

§ 68. 4. Die Mineralstoffe im Pflanzenkörper. Jede Pflanze bedarf zu ihrer Entwicklung eine bestimmte Anzahl von elementaren Bestandteilen. Es hat sich herausgestellt, dass Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Phosphor und Schwefel unbedingt notwendig sind, während dies für Chlor noch zweifelhaft ist. Stoffe, die sich noch ausserdem in jeder Pflanze finden, häufig sogar den grössten Teil der Asche ausmachen, sind Natrium und Kieselsäure, weniger verbreitet oder doch zumeist nur in geringer Menge vorhanden ist das Mangan, während Thonerde bisher nur in einigen wenigen Pflanzen reichlicher aufgefunden worden ist. Ausserdem können noch die verschiedenartigsten Elemente und Verbindungen aufgenommen werden, auch jene, welche als direkte Gifte auf den Pflanzenkörper wirken. Die Funk-

tion der einzelnen Stoffe in ihrer Bedeutung für den Aufbau der Pflanzen ist nur zum Teil festgestellt worden.

Reinasche. Es ist üblich, die Resultate der Analysen von Aschen auf „Reinasche“ zu berechnen. Bei der Verbrennung der organischen Substanz werden die an organische Säuren gebundenen Metalle in kohlensaure Verbindungen umgewandelt. Gleichzeitig finden sich wohl immer kleine Mengen von Kohle, auch wohl von Sand u. dgl. der Asche beigemischt. Die Kohlensäure, Kohle, Sand u. s. w. machen nun oft einen erheblichen Teil der Asche aus, sind dabei in wechselnder Menge vorhanden und erschweren so die Vergleichbarkeit der Analysen. Es ist daher gebräuchlich, den Gehalt einer Asche zu berechnen, welche von jenen Bestandteilen frei sein würde. Die Zahlen der Reinasche geben den prozentischen Anteil, welchen die einzelnen Elemente an der Zusammensetzung nehmen. Den absoluten Gehalt an den einzelnen Stoffen findet man, wenn die Trockensubstanz mit in Rechnung gezogen wird. Die agrikulturchemischen Arbeiten geben daher in der Regel zwei Tabellen, einmal die Zusammensetzung der Reinasche, zweitens den Gehalt von tausend Teilen Trockensubstanz an einzelnen Stoffen.

Die verschiedenen Nährstoffe können sich nicht unter einander vertreten. Es scheint jedoch für die verschiedenen Pflanzen ein bestimmtes allgemeines Mineralstoffbedürfnis zu bestehen, welches durch verschiedene Verbindungen gedeckt werden kann.

Die Nährstoffaufnahme erfolgt durch Osmose. Da die osmotischen Kräfte nur wirksam werden können, wenn in den Pflanzenzellen fortgesetzt Umbildungen erfolgen und diese wieder bei den Pflanzenarten und bei derselben Pflanze im Laufe ihrer Vegetationszeit verschieden ist, so werden aus derselben Lösung sehr wechselnde Mengen aufgenommen. Man hat dies Verhalten als das quantitative Wahlvermögen der Pflanzen bezeichnet.

Die Asche embryonaler Pflanzen enthält viel Stickstoff, Kali, Phosphorsäure und Schwefel; mässige Mengen Magnesia; Kalk und andere Mineralstoffe sind nur sparsam vorhanden.

Kalium; scheint bei der Bildung des Stärkemehls, bezw. der Kohlehydrate eine Rolle zu spielen. Durch Natrium oder ein anderes Alkalimetall kann es nicht ersetzt werden. Kalium ist in den jüngeren Pflanzenteilen, die noch in der Entwicklung begriffen sind, angehäuft. In den Bäumen ist es relativ reichlicher im Holzkörper vorhanden. Einzelne Pflanzen nehmen viel Kali auf, so unter den Feldfrüchten Kartoffel und Rüben, unter den Waldbäumen die Tanne.

Natrium in den Pflanzen der Salzböden reichlich angehäuft und findet sich in allen Aschen. Als notwendiger Nährstoff kann Natrium nicht betrachtet werden, wenngleich es in manchen Fällen als nützlich für die Pflanze gelten kann.

Calcium ist für die Chlorophyllpflanzen ein unentbehrlicher Nährstoff, nicht aber für die Pilze. Hieraus geht hervor, dass es für die Lebensvorgänge nicht dieselbe Bedeutung hat wie z. B. Kalium oder Phosphorsäure. Grosse Mengen des Calciums werden von den organischen Säuren, mit welchen es vielfach unlösliche Salze bildet, festgelegt und dadurch für die weitere Entwicklung des Pflanzenkörpers unbrauchbar. Namentlich die Oxalsäure bez. der oxalsaure Kalk findet sich in Krystallen in fast allen Pflanzen und ist namentlich im Rindenkörper der Bäume reichlich abgelagert. Das Calcium gehört überhaupt überwiegend dem Rindenkörper an und ist prozentisch sehr viel reicher in demselben vertreten, als im Holze.

Von allen anorganischen Nährstoffen beanspruchen die Waldbäume vom Kalk weitaus am meisten. Kein anderer Stoff macht auch sein Fehlen oder seine Gegenwart im Boden auf den Holzwuchs und für die ganze Flora so bemerkbar, wie der Kalk. Eine

ganze Anzahl von Pflanzen werden mit Recht als „Kalkpflanzen“ bezeichnet, da ihr zahlreiches Vorkommen auf Kalkreichtum des Bodens deutet. Anderseits gilt auch hier der Satz, dass jene Pflanzen auch in anderen als Kalkböden gedeihen können; aber das natürliche Vorkommen beschränkt sich im wesentlichen auf diese.

Das Magnesium scheint bei der Eiweissbildung im Pflanzenkörper beteiligt zu sein. Es wird in nur mässigen Mengen aufgenommen, selbst auf den magnesiumreichen Dolomitböden macht es nur einen mässigen Teil der Pflanzenasche aus.

Im Baumkörper verhält es sich dem Kalium ähnlich und ist prozentisch im Holzkörper weit reicher vertreten, als in den Rinden, sammelt sich dagegen reichlich in den Blattorganen an.

Eisen bedürfen die Pflanzen nur in geringen Mengen; es ist zur Bildung des Chlorophylls notwendig. Pflanzen ohne Eisen erzogen, bilden gelblich gefärbte, sogen. „bleichsüchtige“ Blätter. Alle Pflanzen bedürfen des Eisens, auch die Pilze. Es muss demnach neben der genannten noch eine weitere Funktion im Pflanzenkörper haben, welche man noch nicht kennt.

Mangan findet sich in der Asche der meisten Waldbäume, wenn auch in der Regel nicht besonders reichlich. Vom Verf. wurde nur einmal, in einer Esche, keine nachweisbare Spur von Mangan in der Asche gefunden. Bemerkenswert ist dieses Element dadurch, dass es sich gelegentlich in den Baumaschen in grossen Massen anhäufen kann; es wurde von v. Schröder in einer Tanne bis zu $^1/_8$ der Reinasche aufgefunden (Pflanzenphysiolog. u. forstchem. Forschungen. Dresden 1878).

Aluminium bez. Thonerde gehört trotz der weiten Verbreitung derselben im Boden zu den sparsamsten und seltensten Bestandteilen der Pflanzenaschen. Nur in den Lycopodiaceen und in der wilden Akazie wurde bisher ein reichlicherer Gehalt an Thonerde aufgefunden.

Phosphor, und zwar als Phosphorsäure, ist einer der wichtigsten und ein unentbehrlicher Pflanzennährstoff. Die Phosphorsäure begleitet die Eiweissstoffe überall und scheint bei der Bildung derselben eine Hauptrolle zu spielen. Dem entsprechend findet sich die Phosphorsäure überwiegend in den Vegetationszentren, namentlich den Blattorganen in reichlichster Menge vor.

Schwefel wird von den höheren Pflanzen nur als Schwefelsäure bez. als Salz derselben aufgenommen. Schwefel ist einer der elementaren Bestandteile der Eiweisskörper.

Chlor findet sich neben Natrium in den „Salzpflanzen“ reichlich, fehlt aber auch sonst in keiner Pflanze. Einzelne Beobachtungen weisen darauf hin, dass durch die Gegenwart von Chlorverbindungen der Transport der im Pflanzenkörper gebildeten Stoffe begünstigt wird, obgleich es als ein unentbehrlicher Nährstoff nicht betrachtet werden kann.

Kieselsäure wird ebenfalls von allen Pflanzenarten aufgenommen und vorwiegend in der Rinde zur Ablagerung gebracht. Namentlich die äussersten Rindenschichten sind reich an diesem Stoff und oft wie mit einem Kieselpanzer überzogen. Obgleich die Kieselsäure kein eigentlicher Nährstoff ist, trägt sie doch zur Festigung der äusseren Rindenschicht bei und wirkt so mechanisch günstig.

In vielen Bäumen findet sich die überwiegende Menge der Kieselsäure in den Blättern, namentlich den älteren Blättern angesammelt, und ist die v. Schröder'sche Auffassung, dass der Baum beim Blattabfall einen Teil der unnötigen Kieselsäure aus seinem Körper wieder abscheide, wohl gerechtfertigt. So enthielten die Blätter einer Hainbuche, die noch nicht drei Prozent des gesamten Trockengewichtes ausmachten, fast 60% der im Baumkörper enthaltenen Kieselsäure.

Neben den behandelten Mineralstoffen sind noch zahlreiche andere Elemente, zumeist allerdings in äusserst geringen Mengen, in den Pflanzen aufgefunden worden. Einzelne Baum- bez. Pflanzenarten nehmen von bestimmten Bestandteilen — namentlich gilt dies für Kali, Kalk, vielleicht auch Magnesia — regelmässig reichlichere Mengen auf als andere auf demselben Boden erwachsene (vgl. die lehrreiche Untersuchung von Councler, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1866, p. 417 über Tanne, Fichte und Lärche); aber ein eigentliches Wahlvermögen, durch welches die Pflanze die schädlichen und unschädlichen Mineralstoffe zu trennen vermag, gibt es nicht. Alle diffundierbaren Bestandteile des Bodens werden aufgenommen, wenn auch die verschiedenen Pflanzenarten dies nur in wechselndem Grade vermögen.

Die Menge der aufgenommenen Mineralstoffe ist von dem Reichtum des Bodens, dessen Wassergehalt u. s. w. abhängig, so dass der Aschengehalt einer Pflanzenart sehr verschieden sein kann. Eine Kiefer, auf Basaltboden erwachsen, nimmt ganz andere Mengen von festen Bestandteilen auf, als eine solche auf armem Sandboden erwachsene. Es unterliegt nun keinem Zweifel, dass eine reichlichere Zufuhr von Nährstoffen die Produktion steigert, aber doch nur bis zu einem gewissen Grade; ist dieser erreicht, so lagern sich die Mineralstoffe im Pflanzenkörper ab, ohne für physiologische Zwecke verwandt zu werden: die Pflanze treibt dann Luxuskonsum. Diese Tatsache selbst ist sicher festgestellt worden; namentlich die enorme Anhäufung von Mineralstoffen in den in Wasserkultur erzogenen Pflanzen beweist sie. Anderseits ist es ausserordentlich schwer und zur Zeit noch fast unmöglich, die geringste zur normalen Entwicklung unbedingt notwendige Menge eines Nährstoffes festzustellen.

Gesetz des Minimums. Die für das Pflanzenleben notwendigen Bedingungen sind also Licht, Wärme, Kohlensäure, Wasser, aufnehmbare Stickstoffverbindungen und die ganze Zahl der notwendigen Mineralstoffe. Das Fehlen oder eine ungenügende Menge irgend einer dieser Faktoren wird die Entwicklung der Pflanze völlig hemmen oder doch erheblich herabsetzen, mögen auch alle andern Verhältnisse noch so günstig sein. Die Entwicklung der Pflanze wird reguliert durch den Einfluss desjenigen, für die Pflanzenproduktion notwendigen Faktors, der in geringster Menge, im Minimum, vorhanden ist. Die Agrikulturchemie bezeichnet dies als Gesetz des Minimum und spricht letzteres in der Regel so aus: „Der im Minimum vorhandene Faktor der Pflanzenernährung ist massgebend für die gesamte Grösse der Produktion."

Lit. Liebig, Agrikulturchemie 1862. II. Bd. S. 133. Mayer, Agrikulturchemie I. p. 293.

Waldbäume und Mineralstoffe: Für die Verteilung der Mineralstoffe im Baumkörper gelten folgende Sätze:

a) Der Aschengehalt ist in jugendlichen Organen grösser als in älteren; er steigt daher in der Regel mit Abnahme des Durchmessers der Sortimente.

b) Die Rinde ist stets aschenreicher als das zugehörige Holz.

c) Die Blattorgane sind (mit wenigen Ausnahmen) die an Mineralstoffen reichsten Teile des Baumkörpers.

d) Beim allmählichen Absterben einzelner Baumteile findet eine Rückwanderung der wichtigsten Nährstoffe in den Baumkörper statt. Es gilt dies von der Bildung von Borke, vom Absterben von Aesten und im höheren Masse vom normalen Abfall der Blattorgane. Kali, Phosphorsäure, Magnesia und Stickstoff wandern aus; für Kalk und Kieselsäure hat eine nennenswerte Rückwanderung nicht nachgewiesen werden können.

e) Die Blattorgane werden allmählich während der Vegetationszeit reicher an Gesamtasche, namentlich an Kalk und an Kieselsäure.

§ 69. 5. Verhältnis zwischen Holzkörper, Rindenkörper und den Blattorganen der Waldbäume. (Vgl. Forst- und Jagdzeitung 1883, 1. Heft.) Die alljährlich erzeugte organische Substanz wird nur soweit vom Baume dauernd festgelegt, als sie im Holz und Rindenkörper zur Ablagerung gelangt. Eine sehr erhebliche, oft sogar die überwiegende Menge der durch Assimilation gebildeten Stoffe, geht beim Abfall der Blattorgane dem Baume wieder verloren oder wird durch den Prozess, welchen man als Atmung der Pflanze bezeichnet, zersetzt. Tatsächlich entspricht also der jährliche Zuwachs lange nicht der gebildeten organischen Substanz.

Ebensowenig gilt dies für die von der Wurzel aufgenommenen Stoffe, die namentlich aus Wasser und den Mineralstoffen bestehen. Betrachtet man nur die letzteren, so werden sie zum Teil im Baumkörper abgelagert und zum Teil bei dem Abfall der Blattorgane dem Boden wieder zugeführt. Tritt auch hierdurch für den letzteren kein Verlust ein, so geht doch dem Baume die geleistete Wurzelarbeit verloren. Um ein Bild von den betreffenden Verhältnissen zu gewinnen, ist es daher notwendig, die einzelnen Teile eines Baumes gesondert zu betrachten.

Das Holz ist der aschenärmste Teil des Baumkörpers, von unseren Baumarten enthält das Holz durchschnittlich etwa 0,3—0,4% Mineralstoffe; nur wenige Arten wie Kiefer, Birke, Weymouthskiefer bleiben unter dieser Zahl, noch wenigere wie die wilde Akazie übersteigen diesen Betrag.

Die Rinde ist sehr wechselnd zusammengesetzt, ihr Mineralstoffgehalt schwankt bei den verschiedenen Baumarten ausserordentlich; und ebenso schwankt der prozentische Anteil der Rinde an der Gesamtmasse des Baumes, also das Rindenprozent.

In bezug auf den Gehalt an Aschenbestandteilen der Rinde muss man die Baumarten in Borke bildende und glattrindige einteilen. Die Borke ist stets aschenärmer als die entsprechende lebenstätige Rinde. Bei borkebildenden Bäumen wird daher der Gehalt des Rindenkörpers an Mineralstoffen mit zunehmendem Alter abnehmen und in der Regel überhaupt geringer sein, als bei glattschaligen Bäumen. Bei diesen erfolgt fortgesetzt eine weitere Ablagerung von Mineralstoffen, der Gehalt daran wird also mit dem höheren Alter steigen. (Zu der ersten Klasse gehören z. B. Birke, Kiefer, zu der letzteren Buche und Hainbuche.)

Man kann dabei die Baumarten, soweit bisher zu übersehen, in bezug auf ihren Rindenkörper in drei Gruppen bringen, in solche:

a) die sich mit einer Kork- bez. Borkeschicht umgeben; also wesentlich nur Zellulose ablagern,

b) die Kalksalze, namentlich oxalsauren Kalk in der Rinde ablagern, Weissbuche, Esche u. s. w.

c) die Kieselsäure in der Rinde ablagern: Lärche, Rüster.

Natürlich finden sich zwischen diesen Gruppen die mannigfachsten Uebergänge.

Die Blattorgane wechseln in ihrem Mineralstoffgehalt fast noch mehr als die Rinden der Bäume; und ebenso gross sind die Unterschiede in der Menge der Blattmasse für den einzelnen Stamm, also das Blätterprozent. Das letztere gibt einen Massstab für die Verteilung der jährlich gebildeten organischen Substanz zwischen Baum- und Blattkörper. Soweit die vorliegenden Untersuchungen reichen, werden von den sämtlichen Nadelhölzern (die Lärche ausgenommen), dagegen nur von sehr wenigen Laubhölzern (Erle, Akazie) weniger als die Hälfte, jedoch mehr als ein Viertel für die Blattorgane in Anspruch genommen. Alle übrigen Baumarten verwenden mehr als die Hälfte, in einzelnen Fällen (Esche) sogar $^5/_6$ auf die Blätter, während der kleinere Teil als Zuwachs dem Stamme zufällt.

Noch viel ungünstiger gestaltet sich das Verhältnis für die Mineralstoffe; von

diesen werden unter allen Umständen viel mehr in den Blattorganen, als im Stamm abgelagert. Wie gross der Unterschied werden kann, beweist die Untersuchung einer vierzigjährigen Esche von Henry (Grandeau, Annal. d. stat. agronomig. de l'Est), in welcher nur ein Hundertteil der Phosphorsäure, 1/33 des Kalks und nur 1/20 der Gesamtreinasche alljährlich dem Stammkörper zugeführt wurde, während der Rest in den Blättern enthalten war.

Aus den vorliegenden Untersuchungen lässt sich mit Sicherheit der Satz ableiten:

Dass die alljährlich aufgenommenen Mineralstoffmengen in erster Reihe durch die Menge und den Gehalt der Blattorgane bedingt werden.

Anspruch, Bedarf und Entzug. Bisher ist nur von der Verteilung der Mineralstoffe im Baumkörper die Rede gewesen, es fragt sich, in wie weit man berechtigt ist anzunehmen, dass die Entwicklung der Bäume von einem gewissen im Boden vorhandenen Mass an Nährstoffen abhängig ist. In der Regel wird, und die Erfahrung bestätigt es, eine Baumart, welche viel Aschenbestandteile zu ihrer Entwicklung bedarf, auch einen reichen Boden beanspruchen. Anderseits darf die verschiedenartige Fähigkeit der Baumarten, ihren Bedarf zu decken, nicht unterschätzt werden. Eine Akazie (Robinie) kann die bedeutende Menge von anorganischen Bestandteilen, welche sie verlangt, noch auf recht armem Boden befriedigen; sie ist wie die meisten Papilionaceen (man denke an die Lupine) im stande, mit ihrer bedeutenden Wurzelentwicklung den Gehalt des Bodens auszunutzen, wird ihn natürlich aber entsprechend rasch erschöpfen. Das Verlangen einer Baumart nach einer geringeren oder höheren Bodengüte ist daher von dem Verf. als Anspruch bezeichnet worden. Als genügsam wurden die Baumarten bezeichnet, welche nur wenig Mineralstoffe aufnehmen und diese auch einem armen Boden zu entziehen wissen. Der Anspruch bringt also das Verhältnis zwischen Pflanze und Boden zur Anschauung.

Der Bedarf bezieht sich dagegen auf einen Baum oder Bestand als Individuum und bezeichnet die grössere oder geringere Mineralstoffmenge, welche zur normalen Entwicklung von Stamm- und Blattkörper verlangt wird.

Der Entzug endlich stellt die Einwirkung des Menschen auf Wald und Boden dar; er bezeichnet die Menge von nutzbaren Mineralstoffen, welche bei der Nutzung der Produkte aus dem Walde ausgeführt wird und so demselben dauernd verloren geht. Die Grösse des Entzuges ist daher von der Ausfuhr an Holz, Streu, Gras u. s. w. abhängig.

Die meisten forstlich-chemischen Arbeiten behandeln die Frage des Entzuges der Mineralstoffe, zumeist für ein Jahr und Hektar berechnet. Es ist dabei notwendig, die Produktion der Flächeneinheit, sowie den Gehalt der gewonnenen Produkte zu kennen. Genauere Angaben über die Nährstoffmengen, welche zur Entwicklung der Bäume alljährlich aufgenommen werden, sind nur für die Nadelhölzer vorhanden. Es ergibt sich, dass der Bedarf der Baumarten mit dem Alter erheblich wechselt und zu sehr verschiedenen Zeiten ein Maximum erreicht. Auf besseren Bodenklassen geschieht dies für die Kiefer schon im zwanzigsten Jahre oder noch früher; bei der Fichte etwa im dreissigsten, bei der Buche im 40.—60. Jahre. Durchschnittlich tritt das Maximum des Bedarfes auf geringen Bodenklassen später, als auf den besseren ein.

§ 70. Bodenflora. Zahlreiche Arbeiten der Botaniker haben es wahrscheinlich gemacht, dass die verschiedenen Pflanzenarten auf fast allen Bodenarten wachsen können. Abweichende Erfahrungen machte man bei reichlichem Gehalt der Böden an löslichen Salzen (namentlich Kochsalz, auch bei Kainitdüngung) und wenn auch erheblich sparsamer bei Gegenwart von Kalkverbindungen.

Diesen Laboratoriumsversuchen steht nun die Beobachtung im Felde gegenüber, welche uns zeigt, dass manche Pflanzen beztimmte Bodenarten bevorzugen, so dass sie nur auf diesen verbreitet auftreten. Die „Bodenflora“ gilt mit Recht als ein einfaches und sicheres Hilfsmittel zur Bestimmung des Bodenwertes und der Standortsgüte. Festzuhalten ist hierbei jedoch immer, dass der Gesamtcharakter der Flora zu berücksichtigen ist, nicht ein vereinzeltes Auftreten irgend einer bestimmten Art.

Verbreitetes Vorkommen von Pflanzenarten ist ausser von klimatischen Faktoren zumeist abhängig von der Konkurrenz anderer Arten. Hieraus wird es verständlich, dass Arten, welche auf nährstoffarmen Böden gedeihen, selten den Wettbewerb anspruchsvoller und schnellwüchsiger Species auf besseren Böden stand halten können, während sie anderseits diesen Arten unter anderen Umständen überlegen sind.

Die Pflanzenverteilung auf der Erdoberfläche ist überhaupt von sehr vielen Bedingungen abhängig; die biologischen sind darunter sehr stark beteiligt, ohne zugleich so leicht erkennbar zu sein, als z. B. die Bodeneigenschaften.

Es ist daher ungemein schwierig, anzugeben, welche Ursache man als entscheidend annehmen muss, dass bestimmte Arten sich vorwiegend auf einem oder anderem Boden finden.

Als charakteristische Gewächse kann man folgende aufführen.

1. In locker gelagertem Waldboden (Mullboden), zumal des Buchenwaldes (aber auch unter Fichten u. s. w.), finden sich Rhizompflanzen, die entweder schwachem Lichtbedarf angepasst sind oder ihre Entwicklung bereits vor Entwicklung der Blätter im Frühjahre abschliessen. Hierhin gehören: Asperula odorata, Convallaria majalis, Asarum europaeum, Melica uniflora und nutans, Oxalis acetosella, Anemonen u. s. w.

Reichlichere Anhäufung von lockerem Waldhumus bevorzugen: Impatiens nolitangere, Mercurialis perennis, Paris quadrifolia, Circaeaarten, auch Daphne Mezereum.

Bei Auslichtung des Buchenwaldes verbreiten sich Luzula pilosa und albida, Milium effusum, Festuca gigantea; diese Arten bilden neben den zuerst genannten die „Begrünung“ der Buchenböden, als Zeichen, dass auch die Buchel ein geeignetes Keimbett findet.

2. Pflanzen des Rohhumus sind Trientalis europaea, Melampyrum sylvaticum, Heidel- und Preiselbeere, auf lichteren Stellen Aira flexuosa, Nardus stricta, die Heide; sämtlich Pflanzen nährstoffarmer Böden.

3. Schlagpflanzen. Nach Abtrieb der Bestände bedecken einzelne Arten oft den grössten Teil der Schlagfläche. Es sind meist Species mit leicht beweglichen Samen, namentlich sind zu nennen: Senecioarten (vernalis u. and.), Epilobium angustifolium, Stachys sylvatica, Aspidiumarten, Erdbeere, Himbeere; im Gebirge noch Digitalis purpurea, Atropa Belladonna; auf Kalkböden sind Grasarten herrschend: Dactylis glomerata, Koeleria cristata, später Festuca und Carexarten; auf Sandböden: Aira flexuosa, Agrostisarten, auch der Adlerfarn.

4. Pflanzen saurer Wiesen. Es herrschen hart- und breitblätterige Cyperaceen und Gräser vor, zumal Carex und Scirpusarten, nimmt der Gehalt an Nährstoffen im Boden ab, so finden sich einzelne auch auf Hochmooren vorkommende Pflanzen ein, namentlich Wollgräser (Eriophorum angustifolium und polystachium, sparsamer vaginatum, Molinia coerulea, Pedicularis palustris).

5. Pflanzen der Hochmoore. Die Hochmoore sind die nährstoffärmsten und am stärksten den physikalischen Aenderungen ausgesetzten Standorte, sie zeigen eine charakteristische Flora: Torfmoose (Sphagnumarten), Andromeda polifolia, Drosera, Scirpus caespitosus, Vaccinium Oxycoccus, Eriophorum vaginatum, Erica tetralix (im Nordwesten); Calluna vulgaris (wohl die Art, welche die grössten Schwankungen im

Wassergehalt und Nährstoffgehalt des Bodens erträgt, überwiegend jedoch eine Pflanze sauer reagierender, nährstoffarmer Böden ist).

6. Auf Heiden finden sich ausser den meisten genannten Pflanzen der Hochmoore noch Empetrum nigrum, Genistaarten, Ledum palustre (auch auf Rohhumus), Myrica gale, Arctostaphylos Uva ursi (auf den Heiden mischen sich die Pflanzen der Hochmoore mit denen der nährstoffarmen Sandböden).

7. Sandpflanzen. Arten, welche mit mehr oder weniger ausgeprägten Schutzvorrichtungen gegen Trocknis versehen sind.

Auf bewegtem, flüchtigen Sande: Ammophila arenaria, Elymus arenarius, Carex und Triticumarten.

Auf Sandboden: Aira canescens, Plantago arenaria, Gnaphaliumarten, namentlich G. arvense; Helichrysum arenarium, Trifolium arvense; Haftmoose (Polytrichum juniperinum u. and.), Flechten (zumal Cladonia und Stereocaulonarten).

8. Kalkpflanzen. Böden mit reichlicherem Gehalt an kohlensaurem Kalk beherbergen eine sehr charakteristische Flora; von den bei uns einheimischen sind zu nennen; Carex humilis, Melica ciliata, Sesleria coerulea; Orchideen, Aster Amellus, Bupleurumarten, Umbelliferen, Papilionazeen. Viele Pflanzen der deutschen Kalkböden finden sich oft herrschend auf den östlicheren Steppen, so Melica ciliata, Stipaarten, Adonis vernalis u. a. Es muss dahingestellt bleiben, ob die Ursache im Kalkgehalt des Bodens oder in der Aehnlichkeit der physikalischen Lebensbedingungen begründet ist. Wahrscheinlich wirken beide Ursachen ein.

Von Bäumen sind die Sorbusarten (mit Ausnahme der Vogelbeere), Cotoneaster vulgaris, Prunus Mahaleb, Viburnun Lantana, sowie die Buche entweder Kalkpflanzen oder bevorzugen doch kalkreichere Bodenarten.

Kalkmeidend sind von den Bäumen Castanea vesca und Pinus maritima; von anderen Pflanzen: Lupinus luteus, Medicago minima, Rumex acetosella, fast alle Heide- und Sandpflanzen, besonders die Sphagneen.

9. Salzpflanzen. Charakteristische Pflanzenarten finden sich in salzreichen Böden, sowohl am Meeresstrande als auch im Binnenlande treten dieselben oder verwandte Arten auf. Weit verbreitet sind: Salicornia herbacea, Glaux maritima, Samolus Valerandi, Aster Tripolium, Artemisia maritima.

Während früher die chemische Zusammensetzung des Bodens für die Pflanzenverbreitung ziemlich allgemein als massgebend angenommen wurde, trat später eine Richtung auf, welche mehr die physikalischen Eigenschaften des Bodens hervorhob. Gegenwärtig macht sich für diese Frage unter den Botanikern mehr eine Betonung der klimatischen Faktoren geltend. Es ist festzuhalten, dass jede dieser Einwirkungen Bedeutung hat, sowie dass zwischen den herrschenden Pflanzenformationen und den Bodenarten gegenseitige Beeinflussungen bestehen. Jede einseitige Betrachtung wird zu falschen Schlüssen führen. Man tut daher gut, sich ebensosehr vor Ueberschätzung, wie vor Bestreitung der Wichtigkeit der chemischen Zusammensetzung des Bodens zu hüten und daran festzuhalten, dass mindestens innerhalb kleinerer pflanzengeographischer Verbreitungsgebiete enge Beziehungen zwischen Bodenart und Pflanzendecke bestehen.

§ 71. Anhang. Düngung im forstlichen Betriebe. In neuester Zeit ist die Frage der Düngung im forstlichen Betriebe vielfach behandelt worden. Namentlich die ärmsten Sandbodenarten stellen der Tätigkeit des Forstmannes grosse Schwierigkeiten entgegen und führen immer wieder zu Versuchen, die billigen Mineraldünger zu verwenden, um besseren Wuchs zu erzielen. Die Versuche sind noch nicht soweit gediehen, um ein Urteil zu ermöglichen. Am aussichtsreichsten scheint

noch die Düngung für bessere, aber herabgekommene Bodenarten zu sein. Hier kann durch Düngung die Entwicklung der Pflanzen gefördert und können so die Gefahren des Jugendstadiums abgekürzt werden.

Günstiger gestalten sich die Düngung der Saatkämpe, für ständige Kämpe ist eine regelmässige Nährstoffzufuhr notwendig. Ausser den im Walde zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln und etwa Benutzung der Rasenasche haben die Mineraldünger bei richtiger Anwendung gute Erfolge gezeitigt. Gründüngung ist bisher bei schweren Bodenarten und auf Heideböden vorteilhaft gewesen.

Als Regel muss dabei gelten, dass namentlich für Nadelhölzer zu starke Düngung zu vermeiden ist. Viele Misserfolge sind auf zu reichliche Zufuhr von Salzen, namentlich von Kalisalzen zurück zu führen. Es scheinen die dem Kainit beigemischten Chlorverbindungen zu sein, welche ungünstig einwirken, und ist deshalb Kompostieren und Anwendung von Komposterde vorzuziehen.

Als Düngestoffe kommen in Betracht:

Kalisalze. Am verbreitetsten wird Kainit angewendet, wenn auch die jetzt im Handel befindlichen überwiegend aus Chlorkalium bestehenden „vierzigprozentigen Kalisalze“ vorzuziehen sind.

Phosphorsäure. In allen humosen Böden findet Thomasschlacke gute Verwendung, auf schwereren Bodenarten empfiehlt sich mehr Superphosphat. In bezug auf Phosphorsäurezufuhr braucht man nicht ängstlich zu sein. Schädliche Wirkungen wird man kaum befürchten müssen.

Stickstoff. In früheren Versuchen hat sich Zufuhr von Stickstoffverbindungen als nutzlos erwiesen und scheint es auch bei humosen Bodenarten zu sein. Inzwischen mehren sich die Beispiele, dass zumal auf schweren, humusarmen Böden Chilisalpeter vorzügliche Wirkung zeigt. Es empfiehlt sich daher, durch Versuch festzustellen, ob Zufuhr dieses teuersten Nährstoffes lohnend ist oder nicht. Bester Stickstoffdünger ist der Chilisalpeter, jedoch können Ammoniaksalze und organische Dünger geeignete Verwendung finden.

Kalk kann auf schweren Böden die physikalische Beschaffenheit des Bodens wesentlich verbessern und wird unter solchen Umständen ein wertvoller Düngstoff sein. Man verwendet zerfallenen oder gemahlenen Aetzkalk, der direkt über den Boden gestreut wird. Als Zusatz zu Komposthaufen fördert Kalkzugabe die Zersetzung der Abfallreste, es kann aber auch vorteilhaft kohlensaurer Kalk Verwendung finden.

Zur direkten Verwendung, also ohne vorausgehende Kompostierung, und am richtigsten kurz vor der Saat, bei schlechtem Stande der Kulturen auch als Kopfdüngung sind anzuwenden: Chilisalpeter und Superphosphat.

Direkt in den Boden zu bringen sind: Guano, Blutmehl, Ammoniaksalze, Phosphorsäurepräcipitat, auch Thomasmehl und 40% Kalisalz.

Zur Kompostierung eignen sich alle Pflanzenabfälle, saure Humusstoffe und alle schwer löslichen Düngestoffe, auch kann Thomasphosphat mit dazu verwendet werden.

Als Regel hat man festzuhalten, dass dem Boden nur zugeführt wird, was er wirklich bedarf; in den meisten Fällen wird bei humosen Böden Stickstoffdüngung, bei schwereren Böden Kalizufuhr unnötig sein. Wenig Wert haben die vielfach gegebenen Düngerrezepte, man verwende die in guten Handlungen käuflichen Stoffe und lasse sich die in ihnen enthaltenen Düngerbestandteile garantieren.

III.

Forstbotanik.

Von

Ludwig Klein.

Benutzte Literatur: P. Ascherson und P. Graebner, Synopsis der mitteleuropäischen Flora. I. Band. Leipzig 1896—98. 415 p. 8°. (U. a. die Nadelhölzer enthaltend). — P. Ascherson und P. Graebner, Flora des nordostdeutschen Flachlandes. Berlin 1898—99. 875 p. 8°. — A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877. 663 p. 8° mit 241 Holzschn. — L. Beissner, Handbuch der Nadelholzkunde. Berlin 1891. 576 p. 8° mit 138 Abbildungen. — J. Booth, Die Douglas-Fichte und einige andere Nadelhölzer in Bezug auf ihren forstlichen Anbau in Deutschland. Berlin 1877. 92 p. 8° mit 8 Photogr. und 1 Karte. — J. Booth, Die Naturalisation ausländischer Waldbäume in Deutschland. Berlin 1882. 168 p. 8°, 1 Kart. — J. Booth, Die nordamerikanischen Holzarten und ihre Gegner. Berlin 1896. 87 p. 8° 2 Tfln.-Lichtd. — B. Boggreve, Die Holzzucht. Berlin 1891. 2. Aufl. 363 p. 8° mit 14 Textabbildungen und 16 Tafeln. — M. Büsgen, Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena 1897. 230 p. 8° mit 100 Abbildungen. — H. Christ, Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1882. 488 p. 8° mit 4 Taf. und 5 Kart. — L. Dippel, Handbuch der Laubholzkunde. Berlin 1889—1893. 3 Bde. 449, 591 und 752 p. 8° mit 200, 272 und 277 Abbildungen. — O. Drude, Atlas der Pflanzenverbreitung. Gotha 1887. 8 col. Kart. Doppelfolio. — O. Drude, Deutschlands Pflanzengeographie. I. Teil. Stuttgart 1896. 502 p. 8° mit 4 Karten. — A. Engler, Syllabus der Pflanzenfamilien. 2. Aufl. Berlin 1898. 214 p. 8°. — A. Engler und K. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Teil II—V. Leipzig 1889—99. 9 starke Bände. 8° mit über 3000 Holzschnitten. — A. B. Frank, Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1892 u. 93. 2 Bde. 669 u. 431 p. 8° mit 227 u. 417 Holzschnitten. — H. Fürst, Illustriertes Forst- und Jagdlexikon. Berlin 1888. 827 p. 8° mit 580 Abbildungen. — A. Garke, Illustrierte Flora von Deutschland. 18. Aufl. Berlin 1898. 780 p. 8° mit 760 Abbildungen. — K. Giesenhagen, Lehrbuch der Botanik. 2. Aufl. München u. Leipzig 1899. 406 p. 8° mit 528 Abbildungen. — K. Göbel, Organographie der Pflanzen. Jena 1898—1901. 838 p. 8° mit 539 Abbildgn. — P. Gräbner, Die Heide Norddeutschlands in biologischer Betrachtung. Leipzig 1901. 320 p. 8°. 1 Karte. — Grisebach, Die Vegetation der Erde. 2. Aufl. Leipzig 1884. 2 Bde. 567 u. 693 p. 8°, 1 Karte. — G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. 2. Aufl. Leipzig 1896. 550 p. 8° mit 235 Abbildungen. — J. Hamm, Der Ausschlagwald. Berlin 1896. 267 p. 8° mit 7 Lichtdrucktafeln. — Th. Hartig, Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands. Berlin 1851. 580 p. 4° mit 120 col. Kupfertafeln und Tafelerklärung. — R. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume. Berlin 1885. 147 p. 8° mit 6 Holzschnitten. — R. Hartig, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen mit besonderer Berücksichtigung der Forstgewächse. Berlin 1891. 308 p. 8° mit 103 Abbildungen. — R. Hartig und R. Weber, Das Holz der Rotbuche in anatomisch-physiologischer, chemischer und forstlicher Richtung. Berlin 1888. 238 p. 8° mit 10 Abbildungen. — R. Hartig, Die anatomischen Unterscheidungsmerkmale der wichtigeren in Deutschland wachsen-

den Hölzer. 4. Aufl. München 1898. 42 p. 8⁰ mit 21 Abbildungen. – R. Hartig. Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten (3. Aufl. d. L. d. Baumkrankh.). Berlin 1900. 324 p. 8⁰ mit 280 Abbildungen und einer Farbendrucktafel. — R. Hartig, Holzuntersuchungen. Altes und Neues. Berlin 1901. 99 p. 8⁰ mit 52 Abbildgn. — G. Hempel und K. Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes in botanischer und forstlicher Beziehung. Wien und Olmütz 1889–98. 3 Teile 200, 148 u. 140 p. gr. 4⁰ mit 118, 106 u. 118 Textfiguren u. 11, 25 u. 24 Farbendrucktafeln. — R. Hess, Eigenschaften und forstliches Verhalten der wichtigeren in Deutschland einheimischen und eingeführten Holzarten. 2. Aufl. Berlin 1895. 238 p. 8⁰. — A. Kerner von Marilaun, Pflanzenleben. 2. Aufl. Leipzig und Wien 1896 u. 98. 766 u. 768. p. 8⁰ mit 448 Textabbildungen, 40 Farbendruck-, 24 Holzschnitttafeln u. 1 Karte. — M. Kienitz, Ueber Formen und Abarten heimischer Waldbäume. Berlin 1879. 50 p. 8⁰ mit 4 Tafeln. — K. Koch, Dendrologie, Bäume, Sträucher und Halbsträucher, welche in Mittel- und Nordeuropa im Freien kultiviert werden. Erlangen 1869–73. 3 Bde. 735, 665 u. 424 p. 8⁰. — K. Koch, Vorlesungen über Dendrologie. Stuttgart 1875. 408 p. 8⁰. — E. Köhne, Deutsche Dendrologie. Kurze Beschreibung der in Deutschland im Freien aushaltenden Nadel- und Laubholzgewächse. Stuttgart 1893. 602 p. 8⁰ mit 100 Abbildungen und ca. 1000 Einzelfiguren. — A. Mayer, Lehrbuch der Agrikulturchemie. 1. Teil. Die Ernährung der grünen Gewächse. 5. Aufl. Heidelberg 1901. 442 p. 8⁰ mit 35 Abb. u. 1 Taf. — H. Mayr, Die Waldungen von Nordamerika. München 1890. 448 p. 8⁰ mit 24 Abb., 10 Tafeln und 2 Karten. — H. Mayr, Monographie der Abietineen des japanischen Reichs. München 1890. 104 p. 4⁰ mit 7 col. Tafeln. — H. Mayr, Aus den Waldungen Japans. Beiträge zur Beurteilung der Anbaufähigkeit etc. der jap. Holzarten im deutschen Walde u. s. w. München 1891. 59 p. 8⁰. — E. Mielck, Die Riesen der Pflanzenwelt. Leipzig und Heidelberg 1863. 128. p. gr. 8⁰ mit 6 lith. Tafeln. — J. Möller, Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882. 447 p. 8⁰ mit 146 Holzschnitten. — N. J. C. Müller, Atlas der Holzstruktur, dargestellt in Mikrophotographien. Halle 1888. 21 Tafeln fol. u. erläuternder Text 110 p. 8⁰ mit 63 Holzschnitten. — H. Nördlinger, Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860. 550 p. 8⁰. — H. Nördlinger, Deutsche Forstbotanik. Stuttgart 1874 u. 76. 2 Bde. 372 u. 490 p. 8⁰ mit mehreren 100 Holzschnitten. — F. Pax. Allgemeine Morphologie der Pflanzen. Stuttgart 1890. 404 p. 8⁰ mit 126 Abbildungen. — W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Leipzig 1897. I. Stoffwechsel. 620 p. 8⁰ mit 70 Holzschn. II. Kraftwechsel. I. Hälfte 1901. 353 p. 8⁰ mit 31 Holzschn. Schluss steht noch aus. Prantl's Lehrbuch der Botanik. 11. Aufl., bearbeitet von F. Pax. Leipzig 1900. 455 p. 8⁰ mit 414 Holzschn. — J. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Leipzig 1887. 884 p. 8⁰ mit 391 Holzschn. — A. F. W. Schimper, Pflanzenphysiologie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898. 876 p. 8⁰ mit 502 Textabbildungen, 5 Lichtdrucktafeln und 4 Karten. — F. C. Schübeler, Die Pflanzenwelt Norwegens. Christiania 1873—75. 468 p. 4⁰ mit 77 Holzschnitten und 15 Karten. — F. Schwarz, Forstliche Botanik. Berlin 1892. 513 p. 8⁰ mit 456 Textabbildungen und 2 Lichtdrucktafeln. — F. Schwarz, Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris. Berlin 1899. 371 p. 8⁰ mit 9 Tafeln und 5 Textfiguren. — H. Solereder, Systematische Anatomie der Dicotyledoren. Stuttgart 1899. 984 p. 8⁰ mit 189 Abbildungen. — E. Strasburger, Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena 1891. 1000 p. 8⁰ mit 5 lith. Tafeln und 17 Textabbildungen. — E. Strasburger, F. Noll, H. Schenck und A. F. W. Schimper, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 5. Aufl. Jena 1902. 563 p. 8⁰ mit 686 Abbildungen. — K. v. Tubeuf, Samen, Früchte und Keimlinge der in Deutschland heimischen oder eingeführten forstlichen Kulturpflanzen. Berlin 1891. 154 p. 8⁰ mit 179 Abbildungen. — K. v. Tubeuf, Die Nadelhölzer mit besonderer Berücksichtigung der in Mitteleuropa winterharten Arten. Stuttgart 1897. 164 p. 8⁰ mit 100 Abbildungen. — H. Vöchting, Organbildung im Pflanzenreich. Bonn 1878. 2 Teile. 258 und 200 p. 8⁰ mit 6 Tafeln und 23 Holzschnitten. — E. Warming, Lehrbuch der oekologischen Pflanzengeographie, eine Einführung in die Kenntnis der Pflanzenvereine. 2. Aufl. Berlin 1902. 442 p. 8⁰. — Weise. Das Vorkommen gewisser fremdländischer Holzarten in Deutschland. Berlin 1882. 44 p. 8⁰. — J. Wiesner, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 4. Aufl. Wien 1898. 372 p. 8⁰ mit 159 Holzschnitten. — J. Wiesner, Biologie der Pflanzen. 2. Aufl. Wien 1902. 340 p. 8⁰ mit 78 Holzschnitten u. 1 Karte. — J. Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 1 Bd. Leipzig 1901. 795 p. 8⁰ mit 153 Abb. 2 Bd. im Erscheinen. — M. Willkomm,

Deutschlands Laubhölzer im Winter. 3. Aufl. Dresden 1880. 60 p. 4° mit 106 Holzschnitten. — M. Willkomm, Forstliche Flora von Deutschland und Oesterreich. 2. Aufl. Leipzig 1887. 968 p. 8° mit 82 Holzschnitten.

Ausser diesen selbständig erschienenen Werken wurde noch eine grosse Zahl von Aufsätzen der botanischen und forstlichen Zeitschriftenliteratur benutzt, bezüglich der fremdländischen Holzarten unter andern namentlich: R. Hartig, Ueber die bisherigen Ergebnisse der Anbauversuche mit ausländ. Holzarten in den bayrischen Staatswaldungen (forstl.-naturw. Zeitschr. 1892, p. 401—451). — Lorey, Anbauversuche mit fremdländ. Holzarten in den Staatswaldungen Württembergs (A. F.- u. J.-Z. 1897, p. 14—19 u. 83—87). — H. Mayr, Ergebnisse fortl. Anbauversuche mit japanischen, indischen, russischen und seltenen amerikanischen Holzarten in Bayern (forstw. Centralbl. 1898, p. 115—131, 173—190 u. 231—251). — Mayr, Die japanischen Holzarten in ihrer alten und neuen Heimat (Mittl. der Deutschen dendrol. Ges. 1901, p. 46—55). — Schwappach, Denkschrift über die Ergebnisse der in den Jahren 1881—1890 in den preuss. Staatsforsten ausgef. Anbauversuche mit fremdl. Holzarten (Z. f. Forst- u. Jagdw. 1891, p. 18—34, 81—102, 148—164). — Schwappach, Ergebnisse der Anbauversuche mit japanischen und einigen neueren amerik. Holzarten in Preussen (ct. 1896 p. 327—347). — Weise, Der deutsche Wald und die fremden Holzarten (Münchener forstl. Hefte 6. 1894 p. 75—87).

1. Allgemeiner Teil.

I. Die Glieder des Baumes als Organe. (Aeussere Morphologie und Organographie.)

1. Einleitung.

§ 1. Bei unseren Waldbäumen, wie bei den Gefässpflanzen überhaupt, lassen sich sämtliche Glieder trotz aller Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit im Einzelnen in zwei grosse Kategorien einteilen. Diese beiden Grundbegriffe heissen Wurzel und Spross. Die einzelnen Wurzeln und Sprosse können wir entweder als Teile eines Ganzen untersuchen mit Rücksicht auf ihre äussere Gestalt, ihre Stellungsverhältnisse und ihre Entstehungsweise (Morphologie), oder als Organe eines lebendigen Organismus mit ganz bestimmten Aufgaben und Leistungen im Haushalte der Pflanze (Organographie). Hier sollen beide Betrachtungsweisen verschmolzen werden, da Gestalt und Leistung der Organe in inniger gegenseitiger Wechselbeziehung stehen.

Die einzelnen Organe lassen sich allgemein wieder einteilen in typische, metamorphosierte, reduzierte und rudimentäre. Den Ausgangs- und Vergleichspunkt bilden hierbei naturgemäss die typischen oder normalen Organe. Metamorphosiert nennen wir ein Organ, wenn es für andere Leistungen, als sie den typischen Organen zukommen, eingerichtet ist. Es kann dabei ein metamorphosiertes Organ noch sämtliche Aufgaben eines typischen erfüllen, es kann aber auch lediglich speziellen, dem typischen Organ fern liegenden Leistungen angepasst sein; es kann in seiner Gestalt den typischen Organen noch durchweg gleichen, meist aber zeigt es mehr oder weniger weitgehende Abweichungen von diesen und ist nicht selten sowohl in seiner äusseren Gestalt wie in seinem inneren Bau ausserordentlich vereinfacht. In letzterem Falle muss die Pflanze aber stets noch typische Organe besitzen, so dass ihre Gesamtorganisation durch das Auftreten der einfacheren metamorphosierten eine Bereicherung erfährt. Reduzierte oder zurückgebildete Organe finden wir bei den Schmarotzerpflanzen, den Parasiten und Saprophyten, bei welchen durch die von den grünen Pflanzen grundverschiedene Lebensweise eine tiefgreifende Veränderung und Vereinfachung der Arbeitsleistung und damit auch eine mehr oder weniger weitgehende Vereinfachung im Bau der Organe eingetreten ist. Rudimentäre

Organe dagegen erfüllen durchaus die Aufgaben der typischen, unterscheiden sich aber durch sehr viel einfacheren Bau und finden sich nur bei niederen Pflanzen. Die drei ersten dieser Organgruppen sind übrigens vielfach durch Uebergänge miteinander verbunden, da die Natur keine scharfen Grenzen kennt. — Unter homologen Organen verstehen wir solche, die nach ihrer Stellung am Ganzen oder nach ihrer Entstehung morphologisch gleichwertig sind, während sie in ihrer Gestalt, in ihrem inneren Bau und namentlich hinsichtlich ihrer Funktion die weitgehendsten Unterschiede aufweisen können; homolog sind zum Beispiel sämtliche Wurzeln und ebenso sämtliche Sprosse, die verschiedenen Blätter, die Stengel, die Früchte, die Samen. Analoge Organe sind dagegen solche, welche physiologisch gleichwertig sind, ohne den gleichen morphologischen Wert zu besitzen, wie Laubblätter und flache assimilierende Stengelgebilde, wie Blatt-, Stamm- und Wurzeldornen, wie die Fruchtschale der Edelkastanie und die Samenschale der Rosskastanie, wie das Fleisch einer Steinfrucht und die fleischige Samenschale von Gingko u. a. m.

2. Die Wurzel.

§ 2. Die typische Wurzel befestigt den Baum im Boden und dient zur Aufnahme des Wassers und der Aschenbestandteile, die teils im Bodenwasser gelöst sind, teils erst durch Ausscheidungen der Wurzelhaare gelöst werden. Es ist zweckmässig, nicht das ganze, bei einem Baume meist ungemein reich verzweigte Wurzelsystem Wurzel zu nennen, wie es der gewöhnliche Sprachgebrauch tut, sondern jede einzelne Faser. Demgemäss unterscheidet man Hauptwurzel und Seitenwurzeln. Die erste Wurzel des keimenden Samens, die Keimwurzel, wird Hauptwurzel genannt, sobald sie anfängt, sich zu verzweigen; sie wächst bei ungestörter Entwickelung senkrecht abwärts und heisst Pfahlwurzel, so lange sie stärker ist, als die aus ihr entspringenden, schief abwärts, zum Teil auch horizontal wachsenden Seitenwurzeln 1. Grades. Die weiteren Verzweigungen dieser Seitenwurzeln durchwuchern den Boden nach allen Richtungen, die stärkeren und längeren derselben, deren Aufgabe vornehmlich darin besteht, neues Terrain zu erobern, heissen Triebwurzeln, an welchen die feinsten, oft nur pferdehaardünnen Seitenwurzeln, die kurzlebigen, reichverzweigten Saugwurzeln sitzen.

Die Kennzeichen einer typischen Wurzel sind folgende: 1. ein radiäres Gefässbündel (cf. § 11 letzter Absatz), das aber hier nur an den Wurzelenden, bevor das sekundäre Dickenwachstum beginnt, deutlich als solches zu erkennen ist, 2. die Wurzelhaube, welche das Bildungsgewebe des Wurzelendes, den sog. Vegetationspunkt, ähnlich wie der Fingerhut die Fingerspitze, bedeckt, in ihren äusseren Schichten verschleimend der Wurzel das Vorwärtsdringen im Erdboden erleichtert und den Vegetationspunkt hierbei vor mechanischen Verletzungen schützt; sie wird dabei von Innen, vom Vegetationspunkte aus, in dem Masse erneuert, in welchem sie sich aussen abnutzt; 3. endogene Entstehung, d. h. eine junge Wurzel wird immer im Innern des Mutterorganes angelegt und durchbricht später, senkrecht auf die Oberfläche der Mutterwurzel zuwachsend, die Rinde der letzteren; infolge dessen gehen die oberflächlichen Schichten der Mutterwurzel niemals direkt in diejenigen der Tochterwurzel über. 4. Die Wurzeln tragen niemals Blätter, im Gegensatz zu den wurzelähnlich lebenden, unter der Erde kriechenden Stämmen, den Rhizomen. 5. Den Wurzeln fehlt, soweit sie vom Lichte abgeschlossen unter der Erde wachsen, das Chlorophyll. 6. Die Epidermiszellen der jungen Wurzeln wachsen, ausser bei den Mycorhizen, den Pilzwurzeln, zu Wurzelhaaren aus.

Die Wurzelhaare finden sich nur an den jüngsten Saugwurzeln, sind stets

einzellig, bilden sich wenige Millimeter oder Zentimeter hinter der Wurzelspitze, da, wo die Längsstreckung der jungen Wurzel beendet ist, und funktionieren meist nur wenige Wochen, worauf sie absterben und durch neue Wurzelhaare weiter vorn an der weiter wachsenden Wurzel ersetzt werden, so dass die Wurzel immer mit neuen noch nicht ausgenutzten Bodenpartien in Berührung kommt. Die Wurzelhaare, die namentlich an ihren Enden mit den Bodenteilchen quasi verwachsen, sind somit die eigentlichen, Wasser und Aschenbestandteile aufnehmenden Organe der Pflanzen; die älteren Wurzelpartien, die nach aussen schon durch eine Korkhaut abgeschlossen sind, dienen lediglich zur Weiterleitung des Wassers und der Nahrungsstoffe.

Nur den Pilzwurzeln oder Mycorrhizen fehlen die Wurzelhaare. Diese eigentümlichen Bildungen, die zuerst von Frank eingehend studiert wurden, finden sich bei den Nadelhölzern, den Fagaceen und vielen anderen Laubhölzern, bei welchen ein mehr oder weniger beträchtlicher Teil der Saugwurzeln sich durch auffallend dichte und kurzgliedrige (korallenartige) Verzweigung auszeichnet und die ganze Oberfläche derartiger Wurzeln durch einen dichten, aus verflochtenen Pilzfäden gebildeten Ueberzug bedeckt ist, der auch den Vegetationspunkt umhüllt und mit der Verlängerung beziehungsweise Verzweigung der Wurzel sich verlängert und verzweigt. Von diesem Pilzmantel wachsen nach allen Richtungen, gleich den Wurzelhaaren einer normalen Wurzel, Pilzfäden oder -Stränge in den Waldboden. Je humoser der Waldboden, desto reichlicher pflegen die Mycorrhizen aufzutreten. Man hat es hier nicht mit einer krankhaften Erscheinung schlechthin, mit einem Parasitieren der Pilze auf den Saugwurzeln, sondern mit einem Fall von Symbiose zu tun, bei welchem zwei so grundverschiedene Dinge, wie Baumwurzel und Pilz, von dem gemeinsamen Haushalte, jedes in seiner Weise, Vorteil ziehen. Der Pilzmantel bezieht höchst wahrscheinlich von den Rindenzellen der Wurzel Kohlehydrate und führt ihr dafür Wasser, Aschenbestandteile und namentlich Stickstoffverbindungen zu, er erleichtert nach Stahl[1]) der Baumwurzel namentlich die Aneignung der Nährsalze in Konkurrenz mit den in jedem humosen Waldboden sehr reichlich vorhandenen Pilzhyphen, welche den Wurzeln höherer Pflanzen hinsichtlich der Ausnutzung des Substrates überlegen sind. Stahl nimmt an, dass die Mycorrhizabildung höchstwahrscheinlich mit der erschwerten Nährsalzgewinnung in irgend einer Beziehung steht, so dass Pflanzen mit mächtigem Transpirationsstrom der Mycorrhizabildung entraten können, während schwach transpirierende Pflanzen unter den oben genannten Bedingungen nur mit Hilfe der Mycorrhiza ein hinreichendes Auskommen finden. Möglicherweise gehen die Dienste der Mycorrhizapilze noch weiter, so dass die mit der Baumwurzel symbiontisch verbundenen Pilze die Aschenbestandteile schon in Form organischer Verbindungen an die Wurzeln gelangen lassen, da autotrophe (der Mycorrhiza entbehrende) Pflanzen in der Regel einen erheblich höheren Aschengehalt aufweisen als mycotrophe Pflanzen.

Die Verzweigung der Wurzeln ist keine so streng regelmässige wie diejenige der beblätterten Zweige, aber, namentlich bei jungen Pflanzen, auch keine ganz regellose. Aus der Mutterwurzel entspringen in einiger Entfernung vom Vegetationspunkt die Seitenwurzeln in acropetaler Folge und in ebenso vielen Längsreihen, als das Gefässbündel der Hauptwurzel Holzstrahlen aufweist und zwar stehen die Seitenwurzeln immer vor den Holzteilen der Mutterwurzeln. Die Faserwurzeln verlaufen mehr oder weniger wellenförmig gekrümmt, die Seitenwürzelchen entspringen fast stets auf der konvexen Seite der Krümmung und werden in ihrer Richtung durch die Mutterwurzel häufig derart beeinflusst, dass sie in radialer Richtung von der Wurzel fort-

---

1) E. Stahl, Der Sinn der Mycorrhizenbildung (Jahrbuch für wiss. Bot. 1900 p. 539—668).

wachsen. An älteren Wurzeln wird durch Wurzelverlust und Bildung von neuen Seitenwurzeln, namentlich an verletzten Stellen, die ursprüngliche Regelmässigkeit mehr oder weniger verwischt.

Adventivwurzeln heissen Wurzeln, die ihren Ursprung nicht aus älteren Wurzeln, sondern aus anderen Organen nehmen, wie aus dem Stengel oder Blatt eines Sprosses, aus dem Stammvegetationspunkt (Epheu) etc. Adventivwurzelbildung ist bei Rhizomen, bei vielen kletternden und kriechenden Pflanzen Regel und ebenso tritt sie bei unseren Waldbäumen bei der Stecklingsvermehrung in Erscheinung. Hier bilden sich namentlich aus dem sog. Callus, dem jungen Ueberwallungswulste der unteren Schnittfläche, zahlreiche Adventivwurzeln; ausserdem brechen solche mehr oder weniger zahlreich aus der Rinde des Stecklings hervor. Diese Adventivwurzeln gleichen im Bau, in der Verzweigung und im übrigen Verhalten völlig den Haupt- und Seitenwurzeln. Die Leichtigkeit, mit welcher sich Stecklinge bewurzeln, ist für die einzelnen Holzarten sehr verschieden; besonders günstig verhalten sich in dieser Beziehung die Weiden, Pappeln und die Thujaarten, für welche eine derartige Vermehrungsweise in praxi fast allein in Frage kommt. Von unseren einheimischen Nadelhölzern bewurzeln sich Stecklinge der Fichte leicht; doch wird diese Vermehrungsweise nur bei Gartenvarietäten angewandt.

Der Habitus des Wurzelsystems wird in erster Linie durch das Vorhandensein oder Fehlen einer senkrecht abwärts wachsenden Pfahlwurzel bedingt, die schon bei den einjährigen Pflanzen mächtig entwickelt sein kann, wie bei den Eichen, Nussbäumen, Hickoryarten u. a., aber auch erst im 2. Jahre und später erstarken kann, wie bei der Weisstanne, der Kiefer, dem Birnbaum etc. Fehlt die Hauptwurzel, beziehungsweise stirbt dieselbe frühzeitig ab, dann treten häufig einige kräftige, schief abwärts wachsende Seitenwurzeln an ihre Stelle, die sog. Herzwurzeln, oder das Wurzelsystem wird ganz flach und tellerförmig wie bei unserer Fichte. Die Ausbildung des ganzen Wurzelsystems hängt in ganz ausserordentlichem Masse von äusseren Umständen ab, namentlich von der physikalischen und chemischen Bodenbeschaffenheit und von der Verdunstungsgrösse der Laubkrone. Die Nebenwurzeln höherer Grade, frei vom richtenden Einfluss der Schwerkraft, wachsen stets nach den feuchteren Bodenstellen zu, verzweigen sich in armen Bodenstellen spärlich, in nährsalzreicheren, die sie zufällig treffen, sehr viel reichlicher und nutzen so den Boden mit möglichst rationell verteiltem Materialaufwand möglichst vollkommen aus. Das Wurzelsystem als ganzes entwickelt sich bei der gleichen Holzart in mässig frischem Boden stärker als in sehr feuchtem, in sehr nährsalzreichem (stark gedüngtem) schwächer als im ärmeren, entsprechend der Leichtigkeit, mit welcher die Wurzeln Wasser und Aschenbestandteile erwerben können. Im lockeren, gut durchlüfteten Boden entwickelt sich das Wurzelsystem reichlicher als im schweren Thonboden; im sumpfigen Moorboden, dessen tiefere Schichten sauerstofffrei sind, kann sich nur ein flaches Wurzelsystem entwickeln, auch bei Holzarten, die, wie die gemeine Kiefer, normalerweise eine tiefgehende Pfahlwurzel bilden. Ebenso befördert naturgemäss ein flachgründiger Boden, dessen anstehendes Gestein der Entwickelung der Pfahlwurzel vorzeitig ein Ziel setzt, die Ausbildung der Seitenwurzeln und Spalten und Klüfte im Gestein werden von den Wurzeln in bewundernswerter Weise ausgenützt, wobei die Wurzeln mit der Zeit weitgehende Deformationen erfahren können.

Die Wurzelsysteme der einzelnen Holzarten lassen nach Büsgen[2])

2) M. Büsgen, Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln (A. F.- und J.-Zeitg., Augustheft 1901).

feinere, zur Unterscheidung dienliche Unterschiede erkennen. So treten z. B. bei der Kiefer im Verhältnis der Trieb- zu den Saugwurzeln an den jüngsten Verzweigungen ganz ähnliche Unterschiede wie im Aufbau der Krone auf: Lang- und Kurzwurzeln sind auf den ersten Blick zu unterscheiden. Die Kurzwurzeln sind Mycorrhizen, entbehren der Wurzelhaare und bilden ein nur einige Millimeter langes lockeres, wiederholt gabelig verzweigtes Sträusschen oder ganz dichte knollige Wurzelklümpchen und sitzen den Langwurzeln in ziemlich unregelmässiger Folge seitlich an, gelegentlich den einen oder anderen Wurzelzweig zur Langwurzel auswachsen lassend. Bei Fichten, Tannen und Lärchen sind die Kurzwurzeln traubig verzweigt und darum weniger auffällig gestaltet, einerlei ob sie Mycorrhizen sind oder nicht, in welch letzterem Falle sie stets reichlich Wurzelhaare tragen. Die Laubhölzer zeigen eine viel feinere Gliederung des Wurzelsystems und in den letzten Auszweigungen ist bei vielen ein scharfer Unterschied zwischen Lang- und Kurzwurzeln überhaupt nicht mehr vorhanden, was namentlich für die Esche gilt. Ebenso ist auch die Gesamtlänge der in einem Jahre erzeugten Würzelchen bei einem solchen Baume viel grösser, als bei einem der genannten Nadelhölzer, indem sich in der Länge der Wurzelsysteme auch der Wasserbedarf der einzelnen Holzarten ausspricht und sich nach v. Höhnels Versuchen bei reichlicher Wasserversorgung die Transpiration der Laub- und Nadelhölzer wie 6 : 1 verhält. Auf natürlichen Standorten werden freilich diese Verhältnisse durch den sehr ungleichen Wassergehalt der einzelnen Bodenarten erheblich modifiziert und so dürfte es verständlich sein, dass nach Nobbe die jugendliche Kiefer mit einer viel grösseren aufnehmenden Fläche begabt ist, als die einer gleichalterigen, nach Höhnel weit mehr Wasser verbrauchenden jungen Fichte, deren natürliche Standortsverhältnisse im allgemeinen die Transpiration herabdrücken, während diejenigen der Kiefer sie begünstigen. Bei einem ungemein wasserbedürftigen Baume, wie es die Esche ist, muss das Wurzelsystem in erster Linie auf den Erwerb grosser Wassermengen, gewissermassen auf extensive Bodenbenutzung, eingerichtet sein, während z. B. das Wurzelsystem der viel weniger wasserbedürftigen Buche mit seinen auffallend dünnen, aber ungemein reich verästelten Würzelchen zwar sehr viel weniger Bodenraum, diesen aber viel intensiver ausnutzen kann. Die Eschenwurzel bekommt mit dem von ihrem ausgebreiteten Wurzelsystem reichlich aufgenommenen Wasser trotz der Konkurrenz der Bodenpilze genügende Mengen von Mineralstoffen und kann darum der Mycorrhizabildung entbehren, die Buche aber besitzt dreierlei Wurzelformen: 1) auffallend lange und fadendünne, locker verzweigte, locker oder nicht verpilzte und unregelmässig mit kurzen Haaren besetzte Langwurzeln, die hauptsächlich zur Ausbreitung des Wurzelsystems dienen, 2) besonders dicht mit mehreren Reihen von Seitenwürzelchen besetzte Mycorrhizen, die in ihrer Verzweigung einem bis zum Grunde beasteten Fichtenbäumchen gleichen und später verloren gehen oder als Langwurzeln weiter wachsen können und 3) kurze, dünne, behaarte oder unbehaarte Wurzelzweige mit breitem Ende, die in der Entwickelung zurückgebliebene, später wohl grösstenteils verloren gehende Saugwurzeln sind. Das reichverästelte Wurzelsystem des Spitzahorns, dessen Lang- und Kurzwurzeln nicht scharf von einander geschieden sondern durch Uebergänge verbunden sind, nimmt eine Art Mittelstellung zwischen Esche und Rotbuche ein. Der auffallend geschlängelte Verlauf und die relative Kürze der Wurzeln höheren Grades unterscheiden die Wurzelsysteme der Ahorne von denen der Eschen; was ihnen etwa an weitem Ausgreifen der Esche gegenüber mangelt, wird durch eine grössere Anzahl von Wurzelspitzen in dem gleichen Raume ausgeglichen; ihre schwächeren Würzelchen sind entweder normale, schlanke, behaarte Wurzelzweige oder kurze, dicke, haubenlose Kurzwurzeln. Eiche, Weissbuche und Hasel schliessen sich der Rotbuche an, Erle und

Linde dagegen lassen Aehnlichkeit mit dem Wurzelsystem von Esche und Ahorn erkennen. Diese wenigen dem Büsgen'schen Aufsatze entnommenen Beispiele mögen zeigen, wie verschieden die feinsten Auszweigungen des Wurzelsystems unserer Waldbäume gestaltet sind.

Die Zeit der Wurzelbildung und des Wurzelwachstums fällt mit derjenigen der Sprossbildung und des Sprosswachstums nicht durchweg zusammen. Durch die oben erwähnte Untersuchung Büsgens ist auch auf diesem Gebiete einigermassen Klarheit in die einander wiedersprechenden Literaturangaben über die Zeit des Wurzelwachstums gebracht und wir wissen jetzt, dass die Angaben Willdenows (1798) und Resa's (1877) im wesentlichen zu recht bestehen, wir wissen, dass es zwei durch eine Ruhepause getrennte Perioden des Wurzelwachstums gibt, eine im Frühjahr und eine im Herbste. Was den Beginn des Wurzelwachstums anlangt, so sind schon im März zahlreiche Wurzeln im Wachsen begriffen, ohne dass jedoch ein direkter Zusammenhang zwischen dem Aufbrechen der Knospen und dem Beginn der Wurzelentwickelung zu konstatieren ist. Da die meisten Wurzeln im Juni noch reichlich im Wachsen begriffen sind, so kann von einer zeitlichen Trennung der oberirdischen und unterirdischen Wachstumstätigkeit, von einer Art Arbeitsteilung, wie sie Resa annahm, keine Rede sein, denn die Pause des Wurzelwachstums im Juli und August, die aber keineswegs ein allgemeiner Wachstumsstillstand ist, tritt erst ein, wenn die Blattentfaltung abgeschlossen oder so gut wie abgeschlossen ist und entspricht somit auch einer Pause im Wachstum der Langtriebe, einem schwachen Nachklang der sommerlichen Vegetationspause sommertrockener Klimate. Der Neubeginn der Wurzelentwickelung im September und Oktober lässt sich vielleicht der Johannistriebbildung vergleichen, der freilich in unserem Klima viel früher durch die Winterruhe ein Ende gesetzt wird, als dem Wurzelwachstum, welches bei zahlreichen Wurzeln in dem wärmeren Boden bis in den November und Dezember fortdauert.

So lässt sich, trotz aller Verschiedenheit im einzelnen, auch bei einer und derselben Holzart, doch im grossen und ganzen ein Parallelismus zwischen der vegetativen Tätigkeit der Krone und des Wurzelsystems konstatieren und man darf wohl mit Büsgen annehmen, dass die vorkommenden zeitlichen Differenzen beider mit den Verschiedenheiten der Luft- und Bodentemperatur zusammenhängen und dass dem herbstlichen Wachstum ausserdem noch die mit dem Laubfall eintretende Verminderung der Wasserverdunstung zu gute kommt.

Mit den ernährungsphysiologischen Bedürfnissen des Baumes steht der dargelegte Rhythmus der Wurzelentwickelung keineswegs im Widerspruch, denn Entwickelung und Aufnahmetätigkeit der Wurzeln sind zwei ganz verschiedene Dinge, die keineswegs zusammenzufallen brauchen, wie denn auch die Wurzeln im Hochsommer, gerade zu der Zeit, zu welcher sie am intensivsten arbeiten müssen, einen relativen Wachstumsstillstand zeigen. Bei der Wasseraufnahme wirken auch tote Wurzelhaare noch energisch mit, während die chemische Tätigkeit der Wurzel, namentlich die Ausscheidung der phosphorsauren, ameisensauren und oxalsauren Salze, welche neben der Kohlensäure die Aufschliessung der Bodenbestandteile bewirken, natürlich nur durch lebende Wurzelhaare vermittelt werden kann.

Das Schicksal der im Frühjahr und Herbste neu gebildeten Wurzeln ist verschieden; einzelne werden zu Triebwurzeln, die sich dauernd verlängern, andere, kurz und schwach bleibend, werden zu Saugwürzelchen, bilden den Hauptsitz der Mycorrhizabildung und gehen oft bald zu Grunde. Wie die Laubkrone sich durch das Absterben der schwächeren Zweige „reinigt“, so reinigt sich auch das Wurzelsystem von den überzählig und überflüssig gewordenen Organen, indem beim

Kampf der einzelnen Wurzeln um die Nährstoffe die schwächeren Würzelchen unterliegen.

Da die typische Wurzel ganz bestimmte Leistungen für die oberirdischen Sprosse zu erfüllen hat, so besteht zwischen der Grösse des ganzen Wurzelsystems und der Grösse der belaubten Krone ein ganz bestimmtes Verhältnis, eine sog. Korrelation, die abhängt von der Natur der einzelnen Holzart, von dem Wasserbedürfnis und der Entwickelung der Krone, von der Luft- und Bodenfeuchtigkeit und den Standortsverhältnissen überhaupt. Dieses Gleichgewicht zwischen Kronen- und Wurzelgrösse wird beim Verpflanzen gestört, um so stärker, je älter die Pflanze ist, weil dann ein um so grösserer Teil des gesamten Wurzelsystems und namentlich der Saugwurzeln im Mutterboden zurückbleibt. Bekannt ist, dass man die Laubholzbäume im entlaubten Zustande verpflanzt; bei ihnen lässt sich die gestörte Korrelation durch mehr oder weniger weitgehende Einkürzung der Krone verhältnismässig leicht ausgleichen, auch treten an die Wurzeln sofort nach dem Verpflanzen zumeist keine grossen Anforderungen heran, weil die meisten Laubhölzer (Ausnahme Tulpenbaum) im Zustande der Vegetationsruhe im Herbste, oder im Frühjahr erheblich vor dem Laubausbruch verpflanzt werden.

Anders liegen aber die Dinge bei den immergrünen Holzarten, speziell bei den Koniferen, die am besten bei Beginn des Triebes, anfang Mai, anwachsen und bei denen eine Einkürzung der Krone ausgeschlossen ist. Da ist es ein völlig aussichtsloses Beginnen, etwa mannshohe Fichten oder Tannen aus dem Walde noch verpflanzen zu wollen; nur durch geeignete Vorbereitung, durch öfteres Verschulen, welches die Hauptmasse des Wurzelsystems auf einen kleinen Raum zusammendrängt, so dass die Wurzeln „Ballen halten“ und namentlich durch Kultur in in die Erde eingegrabenen Weidenkörben, die etwa alle 2 Jahre erneuert werden, kann man auch grössere Koniferen derart erziehen, dass sie jederzeit und ohne Einbusse an Schönheit bei genügender Vorsicht verpflanzt werden können.

§ 3. Metamorphosierte Wurzeln spielen, abgesehen von den als Anhängsel der typischen Wurzeln schon behandelten Mycorrhizen, bei unseren Waldbäumen keine Rolle, wenn wir nicht etwa die dickeren holzigen Wurzeln, welche, ähnlich wie die fleischigen Rüben, in erster Linie als Reservestoffbehälter dienen, hierher rechnen wollen. Durch das Medium erfahren normale Erdwurzeln eine gewisse Metamorphose, wenn sie, wie das bei Weiden und Erlen an steilen Bachrändern nicht selten ist, frei ins Wasser hineinwachsen oder wenn Erdwurzeln zufällig in Drainageröhren hineingeraten und sich dort unter den besonders günstigen Ernährungsverhältnissen zu sog. Wurzelzöpfen entwickeln. Beim Epheu wenden sich die auf der Unterseite des kletternden Stammes hervorbrechenden, schon dicht hinter dem Vegetationspunkte angelegten Adventivwurzeln zufolge ihres negativen Heliotropismus dem Substrate zu und klammern sich an demselben mit ihren Wurzelhaaren fest, so zu Klammerwurzeln werdend, die infolge von Trockenheit und Nahrungsmangel bald absterben, während sie an in den Boden gesteckten Epheuzweigen oder da, wo eine solche Adventivwurzel zufällig eine mit fruchtbarer Erde gefüllte Mauerritze trifft, sich zu ganz normalen typischen Wurzeln entwickeln, ein Beweis dafür, dass hier eine der Anlage nach noch typische Wurzel in jedem Einzelfall metamorphosiert wird.

Reduzierte Wurzeln finden wir bei einigen saprophytischen der grünen Laubblätter entbehrenden Standortspflanzen wie Neottia, der Vogelnestorchis und Monotropa, der Fichtenspargel, bei den Halbschmarotzern, den Melampyrumarten, den ächten Parasiten, wie Cuscuta, Orobanche und Lathraea und der auf den verschiedensten Bäumen schmarotzenden Mistel (§ 79).

3. Der Spross.

§ 4. Der Spross ist ein beblätterter Stengel. Die Knospe ist das Jugendstadium des Sprosses. Der typische Spross ist der Laubspross. Der erste Spross einer Pflanze ist der Keimspross. Als Organ erhebt sich der Spross über das Substrat, um am Lichte zu assimilieren, d. h. neue organische Substanz zu erzeugen, welche einerseits zur Deckung der Haushaltungskosten der Pflanze (Atmung, Dickenwachstum etc.), anderseits zur Bildung neuer Sprosse und Wurzeln und schliesslich zur Bildung der Fortpflanzungsorgane Verwendung findet.

So verschieden uns bei einem gewöhnlichen Laubspross die beiden Teile, Blatt und Achse, entgegentreten, so ist es doch unmöglich, ganz allgemein den Begriff der Blätter ohne Rücksicht auf die tragende Achse und umgekehrt den der Achse ohne Rücksicht auf die von ihr erzeugten Blätter scharf zu definieren, weil Blatt und Achse eben nur Teile eines Ganzen, des Sprosses sind. Achse ist nur das, was Blätter trägt, Blatt nur, was in bestimmter Weise aus der Achse entsteht.

Als Hauptkennzeichen eines Blattes haben wir im allgemeinen folgende drei Punkte anzusehen: 1) Die Blätter entstehen exogen als Ausstülpungen aus dem Teilungsgewebe des Vegetationspunktes in akropetaler Folge, d. h. die obersten sind die jüngsten, während die Wurzeln endogen aus bereits ausgewachsenen Partien der Wurzel hervorgehen. 2) Die Blattanlagen zeigen anfänglich rascheres Wachstum, als das über ihnen stehende Achsenende, sie wachsen anfänglich auf der Unterseite rascher als auf der Oberseite, krümmen sich infolge dessen über den Vegetationspunkt herüber und bilden mit ihm eine Knospe. Die Spitze ist derjenige Teil des Blattes, welcher in der Regel am frühesten ausgewachsen ist und das Wachstum des Blattes ist, wenigstens bei den Bäumen, stets ein begrenztes. 3) Die Blätter besitzen fast immer eine andere Gestalt, als die tragenden Achsen.

Die Achsen besitzen in der Regel unbegrenztes Wachstum, die Ansatzstellen der Blätter heissen Knoten, die Strecke zwischen zwei Knoten Internodium. Sprosse mit langen, ruthenförmigen Achsen heissen Langtriebe, solche mit gestauchten Achsen Kurztriebe; am schönsten treten uns letztere bei den Kiefern und Lärchen und bei Berberis entgegen, aber auch bei älteren Buchen, Pappeln, Eschen u. s. w.

Die ungeheuere Mannigfaltigkeit im Habitus der einzelnen Sprosse wird, wenn wir von Lang- und Kurztrieb absehen, wesentlich nur durch die Grösse, Gestalt, Stellung und Zahl der Blätter bedingt, der Habitus des ganzen Sprosssystems, der Krone, dagegen durch die Grösse, die Gestalt, die Wuchsrichtung und die Verzweigung der einzelnen Jahrestriebe, sowie durch das Mengenverhältnis von Lang- und Kurztrieben und das Stärkeverhältnis von Aesten und Zweigen.

§ 5. Die Knospen bilden entweder den oberen Abschluss eines Sprosses (Endknospe), oder sie stehen in den Winkeln, welche die Blätter mit den tragenden Achsen bilden, den Blattachseln (Achsel- oder Seitenknospen). Gewöhnlich steht in jeder Blattachsel nur eine Knospe, bei manchen Laubholzbäumen wie Rotbuche, Weissbuche, Linde und Birke entbehren die beiden untersten Blätter jedes Jahrestriebes der Achselknospen, bei Gleditschia, den Loniceraarten, der als Zierbaum in milden Gegenden gezogenen Paulownia, der bekannten Schlingpflanze Aristolochia Sipho, stehen gar 2—3 Knospen in jeder Blattachsel über einander, wovon man die überzähligen als Beiknospen zu bezeichnen pflegt; bei den Nadelhölzern dagegen ist die Zahl der Knospen viel kleiner als diejenige der Blätter, weil lange nicht in jeder Blattachsel eine Knospe steht. Endlich sind noch die Adventivknospen zu erwähnen, welche bei unseren

Bäumen auf Stamm und Wurzel (sog. Wurzelbrut) beschränkt sind und mehr oder weniger regellos aus älteren Geweben oder aus Ueberwallungswülsten entspringen. In der Knospe sind die jungen Laubblätter in einer für die Gattung charakteristischen Weise zusammengelegt (Knospenlage), z. B. längs der Mittelrippe gefaltet bei Eiche, Linde und Kirsche, ausserdem noch längs den Seitenrippen 1. Grades gefaltet bei der Buche und Erle, von den Rändern her eingerollt bei den Pappeln, zurückgerollt bei den Weiden etc.

Die Knospen entfalten sich entweder noch im gleichen Jahre, in welchem sie angelegt wurden oder sie überwintern und stellen als Winterknospen die Ueberwinterungsform des jungen Jahrestriebes dar. Bei diesen Winterknospen werden die ältesten Blattanlagen in holzige, lederige oder trockenhäutige Knospenschuppen umgewandelt, deren Aufgabe in erster Linie darin besteht, die zarten, inneren Anlagen vor dem Vertrocknen zu schützen, sowie vor mechanischen Verletzungen, wenn der Sturm die entlaubten Baumkronen peitscht. Winterknospen, welche derartiger Knospenschuppen entbehren, wie diejenigen des wolligen Schneeballs, der Robinie u. a. heissen nackte Knospen. Aus vorzeitig, noch im gleichen Jahre austreibenden Winterknospen gehen die Johannistriebe hervor. Die Ausbildung der Winterknospen erfolgt meistens schon im Anfange der Vegetationsperiode. Entfernt man frühzeitig die Blätter eines Sprosses, so wachsen, wie Göbel gezeigt hat, dieselben Anlagen, welche im normalen Verlauf der Dinge zu Knospenschuppen geworden wären, zu Laubblättern aus, ein Beweis dafür, dass die Knospenschuppen aus richtigen Laubblattanlagen durch Metamorphose entstehen. Die Zahl der Knospenschuppen schwankt bei den einzelnen Holzarten innerhalb sehr weiter Grenzen; wir finden z. B. nur eine einzige (durch Verwachsung von zweien entstandene) bei den Weiden, zwei bei den Erlen, einige Dutzend bei den Eichen und Rotbuchen, ca. 100 bei der gemeinen Fichte und Kiefer und ca. 350 bei der Schwarzkiefer.

Bei der Entfaltung der Knospen strecken sich die Internodien der jugendlichen Achse, und, umgekehrt wie bei der Bildung der Knospen, wächst jetzt die Oberseite der Blattanlagen stärker als die Unterseite, so dass sich die jungen Blätter von der Knospe abheben. Bei der Entfaltung der Winterknospen wachsen die derben Knospenschuppen wenigstens an ihrer Basis, bei einzelnen Holzarten wie Rosskastanie u. a. sogar sehr beträchtlich, und fallen schliesslich ab. Hat die Winterknospe sehr zahlreiche Knospenschuppen, wie z. B. bei der Rotbuche, den Fichten, Tannen und Kiefern, dann bleiben die inneren Knospenschuppen, an der Basis sich ablösend, noch längere Zeit als trockenhäutige Mützchen auf der Spitze der zusammenliegenden, in Streckung begriffenen jungen Laubblätter, denselben namentlich gegen leichtere Spätfröste noch einen gewissen Schutz gewährend. Aus den obersten Knospen eines Jahrestriebes gehen gewöhnlich die längsten Triebe hervor, der Gipfeltrieb selbst pflegt am allerlängsten zu sein; derselbe geht aber keineswegs wie bei den Nadelhölzern, Ahornen, Eschen und i. d. Regel bei den Eichen und Rotbuchen immer aus der Endknospe hervor, denn bei den meisten unserer Laubhölzer schliesst der Jahrestrieb nicht mit einer wohl ausgebildeten für den Winter geschützten Endknospe ab, sondern das Triebende verkümmert, wie dies bei den Birken, Weissbuchen, Haseln, Aspen, Weiden, Ulmen, Linden, den Prunusarten, nicht selten auch bei Rotbuchen und Eichen der Fall ist und die oberste Seitenknospe setzt dann, sich genau in die Richtung des Muttersprosses stellend, den Trieb fort. Die Grenze der einzelnen Jahrestriebe ist meist durch eine feine Querringelung der Rinde, die Narben der abgefallenen Knospenschuppen, deutlich gekennzeichnet. Je weiter vom Gipfel entfernt, desto kürzer pflegen die Seitentriebe zu werden, bei den Kiefern folgen direkt auf die aus den obersten Knospen hervor-

gehenden Quirläste ausschliesslich sehr kleine Kurztriebe, bei den Laubhölzern nimmt die Länge der Seitentriebe meist allmählich ab, jeweils finden sich aber die ausgesprochenen Kurztriebe stets in der unteren Partie des Jahrestriebs. Die am weitesten von der Triebspitze entfernten Winterknospen treiben übrigens unter normalen Verhältnissen im nächsten Frühjahr in der Regel überhaupt nicht aus, ohne indes zu Grunde zu gehen; sie schlafen weiter wie im Winter und werden schlafende Augen genannt. Sie können, zum Teil wenigstens, und namentlich bei glattrindigen Bäumen, sehr lange am Leben bleiben und treiben aus, wenn sie in günstigere Bedingungen kommen, namentlich wenn das über ihnen stehende Sprossstück, das bisher die Bildungsstoffe an sich gerissen hat, entfernt oder seiner Knospen beraubt wird. Auf dem Vorhandensein solch schlafender Augen beruht die Bildung von Ersatztrieben nach Laubverlust durch Frühjahrsfrost oder Tierfrass, die Bildung von Wasserreisern und, zum Teil wenigstens, auch das Stock- und Stamm-Ausschlagsvermögen. Bedingung für das Leben der schlafenden Augen ist, dass sie mit dem lebenden Bildungsgewebe des Stammes oder Astes, an dem sie sitzen, dem Cambium, in Zusammenhang bleiben; sie verlängern sich wie ein Markstrahl alljährlich um die Dicke eines Jahrringes und werden allmählich ganz von der Rinde eingeschlossen. Lösen sie sich vom Cambium ab, so können sie in der lebenden Rinde noch längere Zeit ein selbständiges Leben führen und in einer noch genauerer Untersuchung bedürftigen Weise zu den, namentlich bei der Rotbuche häufigen, holzigen Rindenknollen oder Rindenkugeln, heranwachsen.

§ 6. Die ausgebildeten Blätter des typischen Laubsprosses, und ebenso ihre Achselknospen stehen entweder zerstreut am Trieb, teils an zwei einander gegenüberliegenden Kanten desselben je eine Längslinie bildend, zweizeilige Blatt- und Knospenstellung, wie bei Rot- und Weissbuche, Ulme, Linde u. a., teils in spiraliger Anordnung meist von $^2/_5$ und $^3/_8$, nicht selten auch $^1/_3$, d. h. so, dass nach je 2 Umgängen um die Achse das 5., 10. Blatt u. s. w. über dem 1., bezw. nach je 3 Umgängen das 8., 16. u. s. w. über dem 1. steht etc., oder es stehen 2 (oder mehrere) Knospen bezw. Blätter in gleicher Höhe des Triebs, was als quirlige Anordnung bezeichnet wird. Weitaus am häufigsten hierbei ist, dass die Blätter und Knospen paarweise einander gegenüber und 2 auf einander folgende Paare gekreuzt stehen, decussierte Blattstellung mit 4 Längsreihen, wie bei Ahorn, Esche, Rosskastanie u. s. w. Die ersten Laubblätter einer Holzpflanze sind, ausser wenn die Keimung unterirdisch stattfindet (Eiche, Kastanie) die Keimblätter, hierauf folgen bei Laub- wie Nadelhölzern gewöhnlich die sog. Erstlingsblätter und dann erst die normalen Blätter oder Nadeln. Die Laubblätter unserer Bäume sind meist gestielt und infolge dessen beweglich, was zur Erhöhung ihrer Transpiration wesentlich beiträgt und ihnen eine Reihe von mechanischen und physiologischen Vorteilen bietet, wie erhöhte Widerstandskraft gegen Wind, Regen und Hagel, bessere Durchleuchtung der Krone und dergl. Die Laubblätter besitzen die Fähigkeit, sich durch Krümmungen ihrer Blattstiele in die für die Assimilation günstigste Lage zu stellen und in der Krone füllen die kleineren die Lücken zwischen den grösseren aus. Eine weitgehende Zerteilung der Blattfläche findet sich meist nur bei grossen Blättern, die sonst dem Winde eine zu grosse Angriffsfläche bieten würden. Die derben immergrünen Nadeln unserer Nadelhölzer stellen eine sehr zweckmässige Anpassung an die ungünstigen Vegetationsverhältnisse des Winters dar. Bei fast all unseren mitteleuropäischen Laubhölzern werden die Laubblätter im Herbste abgeworfen, weil der Transpirationsverlust derselben im Winter nicht gedeckt werden kann und weil die grossen Laubflächen dieser Bäume dem Schnee und Eisanhang eine viel zu grosse Auflagerungsfläche bieten würden und bekanntlich schon die in dieser Hinsicht so sehr viel vorteilhafter organisierten Nadelhölzer gelegentlich schwer unter

Schneebruch zu leiden haben. Nur die durch ihren Wuchs als Unterholz meist geschützte Stechpalme und der Buchsbaum sind bei uns immergrün. Erst in der Mediterranzone treten zahlreiche immergrüne Laubhölzer auf, deren Blätter meist von mehr oder weniger derb lederiger Beschaffenheit sind und eine 2—4jährige, bei Buxus bis 5jährige Lebensdauer aufweisen.

Bei lange fortwachsenden Langtrieben nehmen die Laubblätter am Ende der Vegetationsperiode gegen die Spitze zu an Grösse ab. Im allgemeinen nimmt bei der gleichen Baumart die Blattgrösse mit der Helligkeit und Luftfeuchtigkeit zu. Darum finden wir im Innern des Kronenschattens meist kleinere Blätter. Wenn an halbschattigen Standorten die Blätter meist grösser sind, als an sonnigen, so dürfte dies darauf zurückzuführen sein, dass relative Helligkeit und Luftfeuchtigkeit vielfach nicht Hand in Hand gehen, sondern im Gegenteil gewöhnlich an halbschattigen Orten viel grössere Luftfeuchtigkeit herrscht und letztere die Blattgrösse viel energischer beeinflusst als die Helligkeit. Die auffallend grossen Dimensionen, welche die Blätter von Stockausschlägen so häufig erreichen, sind dagegen auf die aussergewöhnlich günstige Wasserversorgungs- und Ernährungsverhältnisse vom Stocke aus zurückzuführen. Die hauptsächlichen Aufgaben der Laubblätter unserer sommergrünen Bäume sind möglichst ausgiebige Assimilation und Transpiration, daneben auch Schutz der Aeste und Zweige, sowie des Waldbodens gegen die austrocknende Wirkung der sommerlichen Sonnenwärme. Diesen Aufgaben vermögen sie als dünne, flächenförmige Gebilde am besten zu entsprechen. Ihre mechanische Festigkeit erhalten sie durch die die Blattfläche in einer für die Gattung sehr charakteristischen Weise durchziehende Nervatur, welche zugleich die Zuführung des Wassers zu allen Teilen des Blattes und die Ableitung der von den grünen Zellen gebildeten Assimilationsprodukte nach den Zweigen besorgt. Je nach dem Grundplane der Nervenanordnung unterscheidet man fingerförmige Nervatur (auch strahlenförmige genannt) und fiederförmige; dann, nach dem Verlaufe der Seitennerven 1. Grades, bezw. der einzelnen Hauptstrahlen bei fingerförmigem Grundplane: netzläufige Nervatur, wenn die Seitennerven, bevor sie den Rand erreichen, sich in ein feines Netzwerk auflösen (z. B. wilder Birnbaum, Weide), randläufige (z. B. Eiche, Kastanie, Rosskastanie, Hasel, Hain- und Rotbuche, Ahorn, Platane), endlich, viel seltener, schlingenläufige (Rhamnus frangula) und bogenläufige Nervatur (Cornus), wenn die Seitennerven, bevor sie den Rand erreichen, gegen die Spitze umbiegen und sich schlingenförmig an den nächst oberen Seitennerv anlegen, bezw. wenn sie, ohne solche Schlingen zu bilden, bogenförmig gegen die Spitze zu verlaufen. Reicht die Zerteilung des Blattrandes nicht bis zur halben Entfernung vom Mittelnerv, so nennt man ein solches Blatt gelappt, geht sie bis zur Hälfte, so heisst es gespalten, bis über die Hälfte: geteilt und bis zur Mittelrippe: zerschnitten. Der Blattrand heisst gesägt, wenn die kleinen Einschnitte spitze Zipfel und spitze Buchten haben, gezähnt bei spitzen Zipfeln und stumpfen Buchten, gekerbt bei stumpfen Zipfeln und spitzen Buchten, gewellt bei stumpfen Zipfeln und stumpfen Buchten. Der Gestalt nach können die einzelnen Blätter kreisrund, oval (grösster Querdurchmesser in der Mitte), eiförmig oder verkehrt eiförmig (grösster Durchmesser unter bezw. über der Mitte), lanzettlich (oben und unten zugespitzt, grösster Durchmesser in der Mitte), eilanzettlich, schuppenförmig, lineal, lineallanzettlich, rautenförmig, nadelförmig, spatelförmig, keilförmig, herzförmig (Einschnitt an der Ansatzstelle des Blattstiels), verkehrt herzförmig (wie bei Gingko), nierenförmig, spiess- und pfeilförmig sein, schliesslich noch symmetrisch oder unsymmetrisch, je nachdem die beiden Blatthälften rechts und links der Mittelrippe gleich oder ungleich sind. Der Zusammensetzung nach unterscheidet man ein-

fache, gefingerte und (paarig oder unpaarig, einfach oder mehrfach) gefiederte Blätter. An einem vollständigen Laubblatt unterscheidet man gewöhnlich Stiel und Spreite, während eine Blattscheide, die bei krautigen Pflanzen nicht selten ist, bei Bäumen nur ausnahmsweise vorkommt. Rechts und links von der Blattstielbasis stehen die Nebenblätter (Stipulae), die hier meist hinfälliger Natur sind und nur wenigen unserer Laubholzarten (z. B. Ahorn, Esche, Rosskastanie) fehlen.

Für die Ableitung des Regenwassers finden wir mannigfache Einrichtungen: rinnenförmige Vertiefungen des Blattstiels und der stärkeren Nerven, wenn das Wasser nach der Blattbasis abgeleitet wird, lang ausgezogene Blattspitzen bei centrifugaler Ableitung, wie sie namentlich im tropischen Regenwalde in schönster Ausbildung auftreten (Träufelspitze), aber einigermassen auch bei uns, z. B. bei Linden und Pappeln vorkommen; ferner verhindern dünne Wachsüberzüge oder grosse Beweglichkeit des Laubes (Zitterpappel) ein längeres Haften der Regentropfen. Gegen den Herbst zu verfärben sich vielfach die Laubblätter, bevor sie in einer den Blattstiel durchsetzenden, meist erst kurz vor dem Laubfall gebildeten Trennungsschicht abbrechen und eine für viele Holzarten höchst charakteristische Blattnarbe hinterlassen. Durch ebensolche Trennungsschichten werden alljährlich gegen den Schluss der Vegetationsperiode auch lebende Zweige oder ganze Zweigsysteme als sog. „Absprünge" abgeworfen, so mehrjährige, nadeltragende Kurztriebe bei den Kiefern, ehedem mit Blütenständen besetzte einjährige beblätterte Zweige bei Weiden und Traubkirschen, ein- und selbst mehrjährige, gesunde oder im Absterben begriffene Zweige bei Eiche, Pappel, Wallnuss, Ulme, Esche und Bergahorn. Bei immergrünen Pflanzen, namentlich bei vielen Nadelhölzern tritt im Winter unter der kombinierten Wirkung von Licht und niederer Temperatur eine charakteristische gelbbraune, rotbraune oder braunviolette Verfärbung besonders auf der Sonnenseite ein, die durch die Frühlingswärme wieder rückgängig gemacht wird.

§ 7. Die metamorphosierten Sprosse, welche entweder einer Metamorphose der Blätter, oder einer solchen der Axe, oder auch einer solchen beider Sprossbestandteile ihre Entstehung verdanken können, und die uns bei exotischen Gewächsen und auch bei unseren einheimischen Kräutern und Stauden in ausserordentlicher Mannigfaltigkeit entgegentreten, spielen bei unseren Bäumen und Sträuchern eine ganz untergeordnete Rolle, wenn wir von den gesondert zu betrachtenden Blüten absehen. Am wichtigsten sind noch die Dornbildungen; dieselben können entweder Kurztriebe oder Verzweigungssysteme von Kurztrieben sein, deren Achsen nicht mit einer Endknospe abschliessen, sondern an der Spitze zum scharfen stechenden Dorn erhärten, wie Schwarz- und Weissdorn, Gleditschie, wilder Birnbaum etc., oder es verdornt nur das Ende eines sonst normalen Langtriebes (Kreuzdorn). Im Gegensatz zu diesen „Stammdornen" stehen die „Blattdornen", die entweder, wie die dreiteiligen Dornen der Berberislangtriebe metamorphosierte Blätter und Nebenblätter, oder wie die beiden kräftigen Dornen an der Blattstielbasis der Robinie nur metamorphosierte Nebenblätter sind. Mit den Dornen dürfen die Stacheln durchaus nicht verwechselt werden, wie wir sie als Anhangsgebilde der Rinde z. B. bei Brombeeren und Rosen finden. Dieselben sind durchaus regellos verteilt und stehen in keiner Beziehung zu Knospen und Blättern.

4. Die Blüten, Früchte und Samen.

§ 8. Die Blüten sind begrenzte, metamorphosierte Sprosse, deren äussere Blattgebilde als Kelch und Kronenblätter bezeichnet werden und deren wesentliche Bestandteile die Staub- und Fruchtblätter sind, welche den Sporophyllen der höheren

Kryptogamen, speziell denjenigen mit zweierlei Sporen homolog sind und welche die Aufgabe haben, die eigentlichen Fortpflanzungsorgane, die männlichen Pollenkörner und die weiblichen Samenknospen zu erzeugen, Gebilde sui generis, für welche uns der vegetative Spross keinerlei Homologa bietet. Die Kelch- und Kronenblätter haben in erster Linie die Aufgabe, in der Blütenknospe die wertvollen Organe zu schützen; sind sie gross, bunt gefärbt und wohlriechend, so dienen sie auch zur Anlockung der die Bestäubung vermittelnden Insekten; fehlen sie, so heisst die Blüte nackt, fehlt die Krone allein, dann heisst die Blüte apetal. Sind Staub und Fruchtblätter in der gleichen Blüte vereinigt, dann heisst die Blüte zwitterig, andernfalls eingeschlechtig (männlich oder weiblich); zu letzteren gehören auch die scheinzwitterigen Blüten, bei welchen, wie beim Ahorn, die Staubblätter zwar normal ausgebildet erscheinen, aber funktionslos geworden sind. Sind männliche und weibliche Blüten auf der gleichen Pflanze vereinigt, so heisst dieselbe einhäusig (die meisten Nadelhölzer und Kätzchenträger), bewohnen sie verschiedene Pflanzen: zweihäusig (Weiden, Pappeln, Taxus); kommen endlich eingeschlechtige und Zwitterblüten auf derselben Pflanze vor (Ahorn, Esche), so heisst die Pflanze polygam oder vielehig. Bei den Gymnospermen, zu denen unsere Nadelhölzer gehören, sind die Fruchtblätter nicht zum Fruchtknoten verwachsen und tragen die Samenknospen nackt, bei den Angiospermen dagegen finden wir stets einen durch Verwachsung von einem oder mehreren Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten, in dessen Höhlung die Samenknospen an den Verwachsungsstellen der Fruchtblätter angewachsen sind. Die Bestäubung wird entweder durch den Wind (Nadelhölzer, Kätzchenträger) oder durch Insekten (Weiden, Linden, Ahorn etc.) vermittelt; im ersteren Falle sind die Blüten meist unscheinbar und der Blütenstaub wird in gewaltigen Mengen erzeugt. Die Befruchtung geschieht dadurch, dass der generative oder Spermakern des Pollens mit dem Eikern der Eizelle verschmilzt. Die dem Makrosporangium der heterosporen Filicineen homologe Samenknospe besteht zur Zeit der Befruchtungsreife aus dem von 1 oder 2 Hüllen, den Integumenten, umgebenen Knospenkern, zu welchem eine enge Oeffnung der Integumente, die Mikropyle, führt und in welchem der der Makrospore homologe Embryosack eingeschlossen ist. Derselbe enthält bei den Nadelhölzern das dem weiblichen Geschlechtspflänzchen (Prothallium) homologe Endosperm und in demselben zwei oder mehrere Archegonien mit je einer Eizelle, während bei den Angiospermen das Endosperm erst nach erfolgter Befruchtung gebildet wird und vorher im Embryosack auf der der Mikropyle zugewendeten Seite die nackte Eizelle mit den beiden Gehilfinnen, auf der abgewendeten Seite die drei behäuteten Gegenfüsslerzellen und in der Mitte der sekundäre Embryosackkern liegen. Das Staubbeutelfach der Staubblätter ist dem Mikrosporangium, das Pollenkorn selbst der Mikrospore homolog. Die innere Haut des doppelt behäuteten Pollenkornes wächst bei den Angiospermen auf der Narbe, bei den Gymnospermen auf dem Scheitel des Samenknospenkernes zum Pollenschlauche aus, welcher, durch chemotropische Reize gelenkt, durch Narbe, Griffel und dann der Fruchtknoteninnenwandung entlang, bezw. lediglich durch den Knospenkern, bis zur Eizelle vordringt und dann den in ihm eingeschlossenen Spermakern in die Eizelle übertreten lässt, wo er mit dem Eikerne verschmilzt. Mit dieser Kernverschmelzung ist die Befruchtung vollzogen und dieser mikroskopische Vorgang wirkt als auslösender Reiz für die Weiterentwickelung der Eizelle, der Samenknospe, der Fruchtblätter und oft auch noch anderer Teile der Blüte, während bei ausbleibender Befruchtung all diese Organe normaler Weise zu Grunde gehen. Streng genommen handelt es sich übrigens wohl nicht um einen direkten Reiz zur Weiterentwickelung, sondern um die Aufhebung eines die Weiterentwickelung hemmenden Reizes, da bei den, allerdings sehr

seltenen Fällen von Parthenogenesis eine sonst normale Weiterentwickelung der Eizelle etc. ohne vorausgegangene Befruchtung erfolgt. Dagegen beeinflusst die bei der Befruchtung stattfindende Verschmelzung zweier verschiedener Zellelemente qualitativ den weiteren Entwickelungsgang, wie es besonders deutlich die Bastarde lehren. Aus den Fruchtblättern, sofern sie zum Fruchtknoten verwachsen sind, geht die Fruchtwand oder das Pericarp hervor, bleiben sie dagegen frei, wie bei den Nadelhölzern, so entwickeln sie sich zu den Frucht- oder Samenschuppen. Aus der Samenknospe entwickelt sich der Samen, indem die Integumente zur Samenschale oder Testa werden, der Embryosack sich mit Nährgewebe (Endosperm) füllt, in welches der aus der befruchtenden Eizelle hervorgehende Embryo hereinwächst und es zum Teil oder völlig verdrängt, gerade so, wie vorher der Knospenkern vom heranwachsenden Embryosack und Endosperm verdrängt wurde. Demgemäss unterscheiden wir Samen mit und solche ohne Nährgewebe. Die Samen der Coniferen und der fleischigen oder der aufspringenden Früchte, z. B. Rosskastanie, besitzen eine feste, in chemischer und mechanischer Hinsicht sehr widerstandsfähige Samenhaut, abgesehen von einigen Fällen, in welchen die Keimung alsbald nach dem Abfallen erfolgt, während die in trockenen Schliessfrüchten eingeschlossenen Samen, deren Pericarp nur langsam verwittert, hierdurch genügend geschützt sind und nur eine schwache Samenschale ausbilden (z. B. Edelkastanie, Eichel, Haselnuss etc.). Früchte mit fleischigem Pericarp heissen Beeren, wenn das Pericarp lediglich aus dem Fruchtknoten hervorgegangen ist, Apfelfrucht dagegen, wenn auch noch das Ende des Blütenstiels sich an der Bildung des Fruchtfleisches beteiligt; bleiben im letzteren Falle die aus den Fruchtblättern hervorgegangenen Fruchtfächer pergamentartig, so haben wir den Kernapfel, werden sie steinartig, den Steinapfel. Bei der Steinfrucht dagegen haben wir ebenfalls eine Schliessfrucht, deren ganzes Pericarp aus dem Fruchtknoten hervorgegangen ist und aus zwei sehr verschieden ausgebildeten Schichten, dem äusseren „Fleisch“ und dem inneren „Stein“ besteht (z. B. Kirsche). Trockenhäutige Schliessfrüchte, deren ganzes Pericarp holzig oder lederig ist, heissen Nüsse (Eichel, Buchel, Haselnuss etc.). Nicht selten ist bei dieser Fruchtform ein Teil des Pericarps als dünner häutiger Flügel ausgebildet, wie bei den Birken, Ulmen, Ahornen und Eschen, der die Verbreitung dieser Früchte durch den Wind sehr erleichtert. Aufspringende Trockenfrüchte — nur solche kommen bei unseren Holzpflanzen in Betracht — heissen ganz allgemein Kapseln; ist der Fruchtknoten dabei nur aus einem einzigen Fruchtblatte gebildet und springt das Pericarp nach der Fruchtreife an der Verwachsungsnaht (der Bauchnaht) und der gegenüberliegenden Kante (der Rückennaht) auf, wie bei den Schmetterlingsblütlern, so heisst die Frucht eine Hülse. Die Fortpflanzungsorgane, welche von den Sporophyllen gebildet werden, die Pollenkörner, Samen und Früchte, entbehren, im Gegensatz zu den vegetativen Organen, des Funktionswechsels; sie behalten stets die gleiche Form bei einer Pflanze, worauf ihre Bedeutung für die Systematik beruht.

II. Der anatomische Bau der Organe des Baumes (Innere Morphologie).

1. Die Zelle als Gewebeelement.

§ 9. Die morphologische und physiologische Einheit im inneren Bau der Pflanzenorgane ist die Zelle. Die Bestandteile einer typischen erwachsenen Zelle sind: die Zellhaut oder Membran, das Protoplasma mit seinen Einschlüssen, von welchen der Zellkern der wichtigste ist, und der Saftraum oder die Vacuole. Das Protoplasma, der „dunkle Erdteil der Biologie“, bildet in der erwachsenen Zelle einen der Membran anliegenden, den Zellsaft umschliessenden Sack, auch protoplasmatischer Wandbeleg

genannt, von körnig-schleimiger Beschaffenheit, der Hauptsache nach aus Eiweissverbindungen bestehend. Von einem Schleime im physikalischen Sinne ist aber das Protoplasma dadurch wesentlich verschieden, dass in ihm Ernährungs-, Stoffwechsel-, Wachstums- und Teilungsvorgänge sich abspielen, kurz, dass es als Träger aller Lebenserscheinungen anzusehen ist. Der *Zellkern*, aus etwas dichterem Protoplasma bestehend, spielt eine wichtige Rolle bei der Membranbildung (die nur bei Gegenwart eines Zellkernes stattfindet), bei der Teilung der Zellen und als mutmasslicher Träger der erblichen Eigenschaften; er kommt bei den uns hier interessierenden Zellen, vom Pollenschlauch und dem Embryosack nach der Befruchtung abgesehen, stets in der Einzahl vor. Die unbefruchtete Eizelle und die beiden Synergiden entbehren der Membran. Nach dem Vorschlag von Sachs bezeichnet man einen Zellkern mit dem von ihm beherrschten Protoplasma als *Energide*. Demgemäss unterscheidet man Zellen mit einer, mit mehreren oder vielen und solche ohne Energiden; letztere, auch tote Zellen, Zellderivate etc. genannt, spielen bei den Bäumen eine wichtige Rolle, da der grösste Teil des Holzes aus ihnen besteht.

Im allgemeinen lässt sich die *Zelle als Gewebeelement lediglich ihrer Gestalt* nach auf zwei Grundformen zurückführen, die *Parenchym-* und die *Prosenchymzelle*. Die *Parenchymzelle* hat entweder nach allen Richtungen des Raumes *annähernd* gleichen Durchmesser, sie ist „isodiametrisch" oder sie ist in einer Richtung länger gestreckt und an den Enden gerade oder schief abgestutzt; die *Prosenchymzelle* ist eine mehr oder weniger lang gestreckte, an beiden Enden zugespitzte Faser.

Die *Parenchymzellen* haben in der Regel lebenden Inhalt. Ihre *Membran* kann dünnwandig sein (normale Parenchymzelle), stark verdickt (Steinzelle oder sklerotische Zelle) oder nur an den Ecken bezw. Kanten stark verdickt (Collenchymzelle). Die *Membranskulptur* besteht in der Regel aus einfachen Tüpfeln (scharf umgrenzte, dünne Stellen der Membran), seltener aus verzweigten Tüpfeln (manche Steinzellen) oder anderen Verdickungsformen, wie die ins Zellinnere oder Lumen vorspringenden Verdickungsleisten im Assimilationsparenchym der Kiefernnadeln. Der *chemischen Beschaffenheit* nach kann die Membran der Parenchymzelle aus *Cellulose* bestehen (Blaufärbung mit Chlorzinkjodlösung, sowie mit Jod und Schwefelsäure), z. B. bei den Parenchymzellen der Rinde, oder sie ist *verholzt* (Rotfärbung mit Phloroglucin und Salzsäure, Gelbfärbung mit schwefelsaurem Anilin und etwas Schwefelsäure), z. B. bei den Parenchymzellen des Holzes und den Steinzellen, oder sie ist *verkorkt* (widerstandsfähig gegen konzentrierte Schwefelsäure), z. B. bei den ächten Korkzellen und bei den Oelzellen, oder sie ist *verschleimt* bei den Schleimzellen (mächtig aufquellend in Wasser). *Nach dem Vorkommen*, der Lage im Pflanzenorgan, unterscheidet man im wesentlichen *Bast- oder Rindenparenchymzelle* und *Holzparenchymzelle*. Der lebende Inhalt fehlt *stets* den Korkzellen und meist den Steinzellen.

Die ausgebildeten *Prosenchymzellen* haben zumeist keinen lebenden Inhalt mehr, sie führen Wasser und Luft. Die *Zellwand* derselben ist in der Regel *stark verdickt* (Sklerenchymfaser). Als *Membranskulptur* finden wir einfache, spaltenförmige, sowie behöfte Tüpfel, seltener ins Zellinnere vorspringende Ring-, Spiral- und Netzverdickungen. In *chemischer Hinsicht* ist die Membran entweder ganz oder teilweise verholzt oder sie besteht aus Cellulose, nie ist sie verschleimt oder verkorkt. *Nach der Verteilung im Baumkörper* unterscheidet man: a) *in der Rinde*: 1. *Bastfasern* mit meist sehr starken, fast bis zum Schwinden des Lumens verdickten, verholzten Zellwänden, einfachen Tüpfelkanälen (meist Punkt-,

selten Spalttüpfeln) ohne lebenden Inhalt, und 2. Cambiformzellen, auch Ersatzfasern genannt, die, von der Gestalt abgesehen, den typischen dünnwandigen, lebenden Parenchymzellen sehr nahe stehen, b) im Holze: 1. Holzfasern (Libriform) mit stark verdickter, meist verholzter Zellwand, schiefspaltenförmigen einfachen Tüpfeln und etwas weiterem Lumen als bei den Bastfasern, in der Regel ohne lebenden Inhalt. 2. Tracheiden mit stets verholzter, aber meist nur schwach verdickter Membran, die keine einfachen, sondern behöfte Tüpfel besitzt, mitunter auch Spiral-, Ring- oder Netzverdickung aufweist; kein lebender Inhalt. 3. Ersatzfasern (Ersatz für das oft fehlende Holzparenchym), mit dünnwandiger, verholzter Membran, einfachen Punkttüpfeln und lebendem Inhalt.

Als weitere Gewebeelemente, die aber keine Einzelzellen mehr sind, sind die Zellfusionen zu nennen. Sie gehen aus Zellreihen hervor durch gänzliche oder teilweise Auflösung der trennenden Querwände, wobei der lebende Inhalt entweder ganz (Gefässe) oder teilweise (Siebröhren) verschwinden (oder auch in allen wesentlichen Teilen, bei den gegliederten Milchröhren, erhalten bleiben kann). Die Gefässe besitzen meist eine dünne, verholzte Membran mit den nämlichen Verdickungsformen wie die Tracheiden (im Holze fast stets dicht gedrängte Hoftüpfel); sie führen Wasser oder Luft. Die Siebröhren besitzen dünne Cellulosemembranen, einen dünnen protoplasmatischen Wandbeleg ohne Zellkern und einen sehr eiweissreichen, schleimigen Inhalt. Die meist schief gestellten Querwände tragen eine oder mehrere plattenförmige dünne und siebartig durchbohrte Stellen, die Siebplatten, durch deren offene Poren (Siebporen) die Inhalte der einzelnen Siebröhrenglieder mit einander in Zusammenhang stehen.

2. Das Urmeristem, die Entwickelung der Gewebesysteme und ihre Anordnung im jungen Trieb und in der jungen Wurzel.

§ 10. Alle Bäume, wie die höheren Pflanzen überhaupt, beginnen ihr individuelles Einzelleben, wenn wir von den Fällen der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Ausläufer, Stecklinge, Wurzelbrut u. s. w. absehen, als eine einzelne Zelle, die befruchtete Eizelle oder Keimzelle. In dem Protoplasma derselben müssen naturgemäss alle die Kräfte schlummern, welche die Keimzelle befähigen, einen in den Hauptzügen von vorne herein ganz genau festgelegten Entwickelungsgang zu nehmen. Infolge dessen müssen wir die Protoplaste der Keimzellen und ihrer Abkömmlinge bei sämtlichen Pflanzenarten und Varietäten als spezifisch verschieden betrachten. Es ist aber kaum angängig, diese spezifische Differenz als eine rein chemische anzusehen, obwohl die lebenden Protoplasmamoleküle zweifelsohne die grössten und kompliziertesten Moleküle sind, die es gibt und hier vielleicht viel mehr Unterschiede existieren, als wir uns derzeit bei unseren mangelhaften Kenntnissen über die Proteïnstoffe träumen lassen. Aehnlich wie aus dem gleichen Material Maschinen von sehr verschiedener Konstruktion und von sehr verschiedenartiger Leistungsfähigkeit gebaut werden können, müssen wir aber auch für das lebende Protoplasma eine je nach Pflanzenart verschiedene spezifische Struktur annehmen. Aus der Keimzelle entwickelt sich bei den Samenpflanzen durch fortgesetzte Zweiteilung der Embryo des Samens und aus diesem bei der Keimung die junge Pflanze. Die zweigeteilte Eizelle stellt somit das Urmeristem, das Teilungsgewebe auf seiner ursprünglichsten Stufe dar. Von den Zellen des jungen Embryos besitzt ein Teil eine beschränkte Teilungsfähigkeit, sie liefern bald das Dauergewebe der jungen Wurzeln und Sprosse, während andere, an dem Vegetationspunkt (zwischen den beiden Keimblättern) und an der Wurzelspitze gelegene un-

begrenzt teilungsfähig bleiben. Sie und ihre mit gleichen Eigenschaften begabten Nachkommen, welche in ununterbrochener Teilungsfolge meristematischer, noch nie in Dauergewebe übergegangener Zellen entstanden sind und sich an allen Seitenspross- und Wurzelvegetationspunkten finden, bilden das sog. Urmeristem. Die Zellen desselben sind sehr klein, annähernd gleich gross und isodiametrisch. Ihre Wände sind dünn und bestehen aus Cellulose, der Inhalt aus ziemlich dichtem Protoplasma ohne Vacuole, mit relativ sehr grossem Zellkern. Der Vegetationspunkt ist der Sitz der lebhaftesten Zellvermehrung durch Teilung der vorhandenen Zellen. In einiger Entfernung vom Vegetationspunkt werden die Zellteilungen spärlicher, die Zellen fangen an, sich in die Länge und Breite zu strecken und erreichen schliesslich unter ganz gewaltiger Wasseraufnahme ihre definitive Grösse, indem mit Zellsaft erfüllte Hohlräume im Protoplasma auftreten, die sich mehr und mehr vergrössern, nach und nach zusammenfliessen und schliesslich einen einzigen Saftraum bilden, während das Protoplasma, das keine oder keine wesentliche Vermehrung erfährt, zu einem dünnen Wandbeleg ausgedehnt wird. Die Zellhaut, welche bei diesen Vorgängen selbst fortwährend ausgedehnt wird, wächst dabei auch stark in die Fläche. Nach Beendigung der bei den einzelnen Zellen innerhalb weiter Grenzen schwankenden Zellstreckung beginnt die innere Ausbildung der Zellen, die chemische Veränderung der Membran, die Schichtung und Verdickung, sowie die charakteristische Skulptur derselben und die Ausbildung und Vermehrung charakteristischer Inhaltskörper wie Chlorophyllkörner etc., je nach den Aufgaben, welche die schon mit der Streckung einsetzende Arbeitsteilung den einzelnen Zellen zuweist.

§ 11. Die ausgebildeten Gewebearten lassen sich zu drei höheren Einheiten oder Gewebesystemen zusammenfassen, nämlich Hautgewebesystem, Gefässbündelsystem und Grundgewebesystem. Diese Gewebesonderung beginnt schon dicht hinter dem Vegetationspunkt. Am frühesten ausgebildet ist das Hautgewebe, das aus der äussersten Zellschicht des Urmeristems hervorgeht und als Epidermis alle Organe in der Jugend, Blätter und Früchte fast stets dauernd überzieht. Die Zellen der Epidermis teilen sich in der Regel nur durch Wände, welche senkrecht zur Oberfläche des Organes stehen (Antiklinen); dann bildet die Epidermis eine einfache Zelllage, deren Zellen in lückenlosem Gewebeverbande bleiben. Teilen sich aber die Zellen der jungen Epidermis auch durch Wände, welche der Oberfläche des Organs parallel laufen (Periklinen), dann erhalten wir die mehrschichtige Epidermis. Die freie Aussenwand der Epidermiszellen ist gewöhnlich stärker verdickt und ihre äusserste Schicht, ausser bei den Wurzeln, verkorkt oder cutikularisiert, die sog. Cuticula, die für Wasser ziemlich undurchlässig ist, um so mehr, je stärker sie entwickelt ist. Die einzigen Durchbrechungen der Epidermis, die aber der Wurzelepidermis gleichfalls fehlen, sind die Spaltöffnungen (Stomata), gebildet von zwei meist nierenförmig gestalteten Epidermiszellen (den sog. Schliesszellen), die gegen einander gekrümmt sind und zwischen sich einen ins Innere des Organs führenden Spalt besitzen, der durch stärkere oder schwächere Krümmung der Schliesszellen erweitert oder verengert werden kann. Nicht selten wachsen einzelne Epidermiszellen zu Haaren aus, welche einzellig oder mehrzellig, einfach oder verzweigt sein können und sich, namentlich bei den schuppenartigen Bildungen, vom landläufigen Begriff der Haargestalt oft recht weit entfernen.

Alles, was vom Hautgewebe umschlossen ist und nicht zu den Gefässbündeln gehört, wird als Grundgewebe zusammengefasst. Als vorherrschende Zellform finden wir hier dünnwandige Parenchymzellen, gelegentlich auch Collenchym- und Sklerenchymzellen und dickwandige Sklerenchymfasern. Die ausgebildeten Parenchymzellen

stossen hier nicht lückenlos aneinander, sondern weichen an den Ecken und Kanten mehr oder weniger weit auseinander, die sog. Intercellularräume bildend, welche gewöhnlich Luft führen und als ein sehr feines System von kommunizierenden Röhren zwischen den Parenchymzellen des Grundgewebes verlaufen.

Das Gefässbündelsystem ist am spätesten ausgebildet, wird aber gleichfalls schon dicht hinter dem Vegetationspunkte angelegt, indem hier während der Periode der Längsstreckung einzelne strangförmige Partien sich durch zahlreiche Längsteilungen ihrer Zellen auszeichnen und sich so als engzellige Stränge bald scharf von dem grosszelligen jungen Grundgewebe abheben. Diese Stränge heissen Procambialstränge und sind nichts anderes als der Jugendzustand der Gefässbündel.

In den jungen Trieben der Holzgewächse sind diese Procambialstränge auf dem Querschnitt zahlreich, einer neben dem andern, im Kreise angeordnet. Die von ihnen umschlossene kreisförmige oder sternförmige Grundgewebepartie ist das Mark; aus den schmalen Streifen von Grundgewebe, welche die einzelnen Procambialstränge von einander trennen, gehen die primären Markstrahlen hervor. Gehen die Procambialstränge in Dauergewebe über, so bleibt eine schmale mittlere Zone in jedem, ohne in Dauergewebe überzugehen, meristematisch, das sog. Fascicularcambium bildend, das somit noch ein primäres Teilungsgewebe darstellt. Der ausserhalb des Cambiums gelegene Teil des Procambialstranges bildet sich zum primären Siebteil (Phloëm) mit den Siebröhren, der innerhalb desselben gelegene zum primären Holzteil des Gefässbündels (Xylem) aus, mit den Gefässen und Tracheiden als wichtigsten Gewebeelementen. Solche Gefässbündel, bei welchen Holz und Siebteil, durch ein Cambium getrennt, auf dem gleichen Radius vor einander liegen, heissen collaterale offene Bündel. Das zwischen den einzelnen Bündeln vorhandene Grundgewebe teilt sich, nachdem die Zellen desselben schon ausgewachsen sind, in der Höhe des Fascicularcambiums nachträglich von neuem durch perikline Wände und bildet so das Interfascicularcambium, welches seiner Entstehung gemäss zu den Folgemeristemen zu rechnen ist. Fascicular- und Interfascicularcambien zusammen bilden auf dem Querschnitt einen Ring, körperlich gedacht einen Cylindermantel, von Teilungsgewebe, dessen Zellen sich vornehmlich durch perikline Wände teilen und so radiale Zellreihen bilden; viel seltener sind die antiklinen Teilungen, durch welche die Zahl der radialen Reihen vermehrt wird. Alles, was ausserhalb des Cambiums vor Beginn seiner Tätigkeit liegt, bildet zusammen die primäre Rinde. Die Gefässe und Tracheiden des primären Holzes, von denen die innersten, unmittelbar an das Mark grenzenden die ältesten, d. h. am frühesten ausgebildeten sind, zeichnen sich durch relativ geringen Durchmesser und durch das Vorherrschen der Ring- und spiraligen Wandverdickungen aus. So lange der Trieb am Leben bleibt, scheidet das Cambium nach aussen wie nach innen alljährlich neue Zellen ab, die in den Dauerzustand übergehen, und bewirkt so das nachträgliche oder sekundäre Dickenwachstum. Die Gesamtheit der vom Cambium nach aussen abgeschiedenen, in den Dauerzustand übergegangenen Zellen bildet die sekundäre Rinde, die Gesamtheit der nach Innen abgeschiedenen Gewebeelemente das sekundäre Holz.

In der jungen Wurzel einer Holzpflanze findet sich stets nur ein einziger zentral gelegener Procambialstrang und demgemäss auch nur ein einziges Gefässbündel, dessen Holzkörper auf dem Querschnitt die Gestalt eines Sternes hat und gewöhnlich kein Mark umschliesst. Die ältesten und engsten Gefässe und Tracheiden, die Erstlingsgruppen oder Primanen, befinden sich hier an den Spitzen des Sternes, die einzelnen Siebteile zwischen je zwei solchen Erstlingsgruppen, so dass Siebteile und Holzteile des Bündels auf verschiedenen Radien neben einander liegen.

Das Cambium verläuft auf dem Querschnitt als sternförmiges Band an die Spitzen der Holzteile, und die Innenseite der Siebteile sich anlegend. Derartige Bündel heissen radiäre offene Bündel; je nach der Zahl von Holzprimanengruppen, welche sie besitzen, spricht man von diarchen, triarchen, tetrarchen etc. Bündeln. Die Wurzeln unserer Bäume besitzen zumeist diarche bis pentarche, seltener bis oktarche Bündel. Die meist einfache Zellschicht, welche aussen um die Siebteile herumläuft und in welcher, jeweils vor den Holzprimanen, durch lokalisierte lebhafte Zellteilung die Seitenwurzeln angelegt werden, heisst Pericambium; sie ist die äusserste Schicht des radiären Gefässbündels oder Zentralzylinders, auf welche nach aussen das mehr oder minder mächtig entwickelte parenchymatische Grundgewebe der primären Rinde folgt, dessen innerste Schicht Endodermis heisst. Wenn das Cambium, das sich hier natürlich nicht aus Fascicular- und Interfascicularcambium zusammensetzen kann, in Tätigkeit tritt, so wird das erste sekundäre Holz in die einspringenden Winkel des primären Holzsternes abgeschieden und bald, nachdem so der Holzkörper annähernd kreisförmig auf dem Querschnitt geworden und der radiäre Bau in den collateralen übergegangen ist, wächst die Wurzel genau so wie der oberirdische Trieb in die Dicke.

3. Der Bau der Laubblätter, Coniferennadeln und Knospenschuppen.

§ 12. Die Blätter, welche als freie Ausstülpungen des Triebvegetationspunktes gleich hinter dem Scheitel desselben angelegt werden, entbehren eines eigenen, persistierenden Vegetationspunktes. In der sich entfaltenden jungen Blattanlage der Laubhölzer teilen sich die Zellen vorzugsweise durch antikline Wände und so entsteht das bekannte flächenförmige Gebilde, das Laubblatt mit netzartig angeordneten Procambialsträngen. Je grösser die Wasserverdunstung des Blattes ist, desto feinmaschiger ist die Nervatur verästelt. Die Gefässbündel sind hier stets collateral, aber nur die stärkeren wachsen einigermassen durch Vermittelung des Cambiums in die Dicke, während die schwächeren meist kein Dickenwachstum mehr besitzen und die letzten und feinsten Auszweigungen ausserordentlich in ihrem Baue vereinfacht sind. Demgemäss herrscht in den Gefässen und Tracheiden der Laubblätter spiralige und Ringverdickung vor, da jene zumeist nur primäre Holzteile besitzen. Die Gefässbündel des Blattstiels setzen sich unmittelbar in diejenigen des Triebes fort, welch letztere darum auch Blattspuren genannt werden. Darum sind die Gefässbündel im Blatte stets so orientiert, dass der Holzteil der Blattoberseite, der Siebteil der Blattunterseite zugewendet ist. Die Epidermis der Laubblätter ist bei unseren Bäumen fast ausnahmslos nur eine Zelllage stark (Ilex hat zwei!). Die gewöhnlichen Epidermiszellen sind hier flach tafelförmig und frei von Chlorophyllkörnern; nur die Schliesszellen der Spaltöffnungen enthalten Chlorophyll. Die Epidermis der Blattoberseite ist frei von Spaltöffnungen oder führt nur wenige, während sie in der Epidermis der Blattunterseite sehr zahlreich auftreten, entsprechend der Lichtlage der Blätter, welche bei unseren Bäumen stets die Oberseite dem einfallenden Lichte zuwenden und dorsiventral gebaut sind, d. h. eine anatomisch verschiedene Ober- und Unterseite besitzen. Dies äussert sich auch in dem Bau des von der Epidermis umschlossenen Grundgewebes, des Mesophylls. Unter der Epidermis der Blattoberseite sind dessen Zellen senkrecht zur Blattfläche lang gestreckt; sie stehen pallisadenartig dicht neben einander mit nur kleinen Interzellularräumen und werden Pallisadenzellen genannt. Sie sind besonders reich an Chlorophyllkörnern. Die Chlorophyllkörner, meist von linsenförmiger Gestalt, sind Organe der lebenden Zelle, sie liegen im Protoplasma, bestehen aus protoplasmatischer Grundsubstanz, in welcher

der durch Alkohol, Aether und dergl. Flüssigkeiten lösbare Chlorophyllfarbstoff eingelagert ist und vermehren sich nur durch Teilung. Der an die Blattunterseite angrenzende Teil des Mesophylls ist erheblich ärmer an Chlorophyllkörnern, seine Zellen sind unregelmässig gestaltet und durch grosse Interzellularräume von einander getrennt, wodurch dieses Gewebe, das Schwammparenchym genannt wird, einen schwammartigen Charakter erhält. An jede Spaltöffnung schliesst sich nach innen stets ein grösserer Intercellularraum zwischen den Schwammparenchymzellen, die sog. Atemhöhle an. Im Schwammparenchym verlaufen auch, oben an die Pallisadenschicht angrenzend, die Gefässbündel, um welche das Mesophyll eine Scheide aus dünnwandigen, gestreckten, lückenlos aneinander schliessenden Zellen bildet, die sog. Bündelscheide. — Die Epidermis mit ihrer Cuticula schützt das Mesophyll vor zu weitgehendem Wasserverlust; bei den immergrünen Laubblättern (Ilex, Buxus u. dergl.) ist die freie Aussenwand der Epidermis und die Cuticula besonders dick. Die Spaltöffnungen dienen der Regulierung der Transpiration und des Gasaustausches zwischen Mesophyll und Aussenluft. Die Pallisaden besorgen in erster Linie die Assimilation, das Schwammparenchym beteiligt sich, seinem geringen Chlorophyllgehalt entsprechend, nur in untergeordnetem Masse an der Assimilation; es dient hauptsächlich als Ableitungsgewebe der von den Pallisaden erzeugten Assimilationsprodukte zu den Gefässbündeln, als Zuleitungsgewebe des von den Gefässbündeln zugeführten Wassers mit den Aschenbestandteilen, als Transpirationsgewebe und wahrscheinlich werden in ihm auch die komplizierteren Pflanzenstoffe gebildet. Der Holzteil des Gefässbündels führt Wasser und Aschenbestandteile zu, der Siebteil desselben leitet die Assimilationsprodukte und die sonst in den Blättern gebildeten organischen Baustoffe ab. Die mechanische Aufgabe der Gefässbündel wird dadurch unterstützt, dass der Ober- und Unterseite der stärkeren Bündel zumeist ein flacher Strang dickwandiger Sklerenchymfasern anliegt und das hier vielfach aus der Blattfläche vorspringende Grundgewebe unter der Epidermis der Ober- und namentlich unter der der Unterseite kollenchymatisch ausgebildet ist.

§ 13. Die immergrünen Coniferennadeln besitzen einen von dem der flachen Laubblätter sehr verschiedenen Bau. Die charakteristischen Eigentümlichkeiten der Gewebeanordnung und Ausbildung sind hier bedingt einmal durch den weitgehenden Schutz gegen Wasserverlust, namentlich während des für die Wasserversorgung der Bäume so ungünstigen Winters und zweitens, was meistens übersehen zu werden pflegt, durch das Bedürfnis eines gegen mechanische Beschädigungen möglichst widerstandsfähigen Baues, entsprechend der exponierten Stellung der Nadeln und ihrer zumeist mehrjährigen Lebensdauer. Die Epidermiszellen sind in der Längsrichtung der Nadel gestreckt und faserähnlich ausgebildet, oft fast bis zum Schwinden des Lumes verdickt und mit dicker Cuticula versehen, so dass sie eine Art Panzer um die Nadel bilden. Die Spaltöffnungen sind in relativ tiefe Grübchen der Epidermis eingesenkt, in Längsreihen geordnet, je nach Gattung und Spezies auf verschiedenen oder nur auf einer Seite. In diesen Grübchen und auch zwischen denselben finden häufig körnige Wachsausscheidungen statt, wodurch die Spaltöffnungslinien als weisse Streifen erscheinen. Das Mesophyll entbehrt gewöhnlich der Sonderung in Pallisaden und Schwammparenchym, nur bei Abies und Taxus ist dieselbe angedeutet. Der Hauptmasse nach besteht das Mesophyll aus sehr chlorophyllreichem Assimilationsparenchym mit ziemlich kleinen Interzellularen. An den Kanten der Nadeln, nicht selten auch im ganzen Umfang, sind die äussersten Schichten des Mesophylls häufig als sehr dickwandige Fasern ausgebildet, welche die mechanische Festigkeit der Epidermis noch verstärken. Mit Ausnahme von Taxus führen die Nadeln aller

Coniferen Harzgänge, welche bei den einzelnen Gattungen und selbst Arten von wechselnder Zahl, Lage und Ausbildung sind und so gute spezifische Unterscheidungsmerkmale liefern. Die schizogenen Harzgänge sind nichts anderes als weite Intercellulargänge, erfüllt mit Harzbalsam, welcher von den den Harzgang begrenzenden flachen, dünnwandigen Zellen, den Sekretionszellen ausgeschieden wird. Die Harzgänge mit den Sekretionszellen sind gewöhnlich von einer mehr oder weniger dickwandigen Faserscheide umgeben und grenzen bald an die Oberhaut, bald liegen sie tief im Mesophyll. Die unverzweigten Gefässbündel, welche in der Einzahl oder zu zweien die Nadel längs durchziehen, sind von farblosem Mesophyll umgeben, in welches, je nach Spezies, mehr oder weniger zahlreiche Faserzellen eingestreut sein können. Gegen das Assimilationsparenchym ist dieses farblose Mesophyll durch eine dünnwandige Bündelscheide abgeschlossen. Die Gefässbündel der Coniferennadeln zeigen in den auf einander folgenden Jahren ein schwaches, äusserlich aber in keiner Weise hervortretendes Dickenwachstum. Je nach dem Alter des Baumes, der Stellung am Baume, den Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft, und dem Lichtgenuss schwankt der anatomische Bau innerhalb gewisser Grenzen.

§ 14. Die Knospenschuppen[3]), welche gewöhnlich aus dem unteren Teil der jungen Blattanlage, dem Blattgrund oder aus den Nebenblattanlagen hervorgehen und nur schwach ausgebildete Gefässbündel besitzen, haben den eingeschlossenen Vegetationspunkt mit den Blattanlagen vor Wasserverlust und vor Verletzungen zu schützen. Demgemäss sind sie ohne Rücksicht auf ihre Dicke ausserordentlich fest gebaut. Die freie Aussenwand ihrer Aussenseite (Unterseite) ist besonders im oberen und mittleren nicht bedeckten Teile gewöhnlich sehr stark verdickt und cutikularisiert und frei von Spaltöffnungen. Die Undurchlässigkeit der Epidermis wird mitunter durch Korkgewebe unter der Epidermis erhöht, (Aesculus) sowie durch harzartige Ausscheidungen, welche die einzelnen Schuppen verkleben (Pinus, Abies, Aesculus etc.). Die mechanische Festigkeit wird durch Ausbildung von Collenchym unter der Epidermis der Aussenseite (z. B. Cornus Mas, Sorbus, Aesculus, Acer, Castanea, Corylus etc.) oder durch vereinzelte grosse Steinzellen wie bei Magnolia oder durch förmliche Panzer von Steinzellen oder Sklerenchymfasern verstärkt (z. B. bei Pinus, Platanus, Quercus, Carpinus, Ulmus, Populus u. s. w.) und bei Fagus endlich besteht ausser der Basis das ganze Mesophyll der äusseren Knospenschuppen aus dickwandigen, verholzten Fasern. Pallisadenparenchym fehlt den Knospenschuppen stets, Chorophyll ist selten und dann stets auf den unteren Teil der Knospenschuppe beschränkt, dessen Zellen nicht selten Stärke oder fettes Oel führen. Auf Kosten dieser Baustoffe können die Knospenschuppen bei der Knospenentfaltung an ihrer Basis noch mehr oder weniger wachsen.

4. Die Tätigkeit des Cambiums als Verdickungsring.

§ 15. Hinter dem Wurzel- oder Spross-Vegetationspunkt wächst das junge Organ zunächst durch Ausdehnung seiner sämtlichen Zellen in die Dicke (primäres Dickenwachstum), streckt sich hierauf ohne wesentliche Dickenzunahme in die Länge und erst nach beendeter Längsstreckung beginnt das sekundäre Dickenwachstum durch Vermittelung des Cambiums, welch letzteres darum auch Verdickungsring genannt wird. In den Triebspitzen beginnt das sekundäre Dickenwachstum im ganzen Cambiumring gleichzeitig und gleichmässig; in den Wurzelspitzen da-

---

3) C. R. G. Schumann, Anatom. Studien über die Knospenschuppen von Coniferen und dicot. Holzgew. Bibl. botan. Heft 15. 1889. 36 p. 5 Taf. 4°.

gegen beginnt die Cambialtätigkeit (die periklinen Zellteilungen) an der Innenseite der Siebteile und setzt sich von hier durch das dünnwandige Parenchym bis zu der Aussenseite der Holzprimanen (und der Innenseite des Pericambiums) fort. Die Gestalt der Cambiumzellen ist langgestreckt prismatisch, der radiale Durchmesser gewöhnlich kürzer als der tangentiale, die Enden dachartig zugeschärft.

In jeder Cambiumzellreihe ist streng genommen nur eine einzige mittlere Zelle als dauernd teilungsfähige „Initialzelle" anzusprechen; bei jeder Teilung durch eine perikline Wand entsteht aus derselben eine neue Initialzelle und, bald nach aussen, bald nach innen, eine „Gewebemutterzelle". Letztere teilt sich gewöhnlich noch einmal, worauf ihre Tochterzellen in den Dauerzustand übergehen; nur bei besonders energischem Dickenwachstum teilen sich die Gewebemutterzellen mehrmals. Im allgemeinen werden bei unseren Holzgewächsen, entsprechend der Stärke von Rinde und Holz, sehr viel mehr Gewebemutterzellen nach innen als wie nach aussen abgeschieden. Ursprünglich sind, der Natur des Reihencambiums entsprechend, die jungen Gewebeelemente in radialen Reihen angeordnet; diese Anordnung kann auch im Dauerzustande beibehalten werden, wenn sämtliche Zellen einer Reihe annähernd gleichmässig und ohne sprungartige Aenderungen in die Breite wachsen (besonders schön beim Coniferenholz); gewöhnlich aber bleiben einzelne Zellen eng, andere dehnen sich stärker und einzelne, wie die Gefässe bei den Laubhölzern, erlangen zum Teil ganz gewaltige Weite, was naturgemäss eine mehr oder weniger gründliche Verschiebung der ursprünglichen regelmässigen Zellanordnung zur Folge hat, die aber auch durch in die Länge wachsende Bast- und Holzfasern gestört wird, wenn sich diese Elemente, was zumeist der Fall, unregelmässig mit den Enden zwischen einander schieben. Schieben sich dagegen die auswachsenden Holzfasern mit ihren spitzen, an einander hingleitenden Enden alle in gleicher Richtung zwischen die Fasern der oberhalb und unterhalb gelegenen Reihe, mit den oberen Enden immer nach rechts, mit den unteren immer nach links ausbiegend, oder umgekehrt, so entsteht Drehwuchs.

Die nach Innen in Dauergewebe übergeführten Zellen werden zu Gefässen und Tracheiden, zu Holz- und Ersatzfasern und, nach vorausgegangenen Querteilungen ihrer langgestreckten Mutterzelle, zu Holzparenchym; die nach aussen abgeschiedenen zu Rindenparenchym, Steinzellen, Bast- und Ersatzfasern und zu Siebröhren und Geleitzellen. Die Mutterzellen der Siebröhrenglieder erfahren bei den Laubhölzern einige Längsteilungen, durch welche enge, plasmareiche Zellen mit grossem Zellkern, die Geleitzellen, von der zur eigentlichen Siebröhre bestimmten weiteren Zelle abgeschnitten werden. In den Gefässbündelendigungen der Laubblätter ist das Grössenverhältnis von Siebröhre und Geleitzelle übrigens umgekehrt. Die Nadelhölzer entbehren der Geleitzellen. Der Verdickungsring rückt bei dieser Tätigkeit natürlich immer weiter nach aussen, wodurch die Cambiumzellen in tangentialer Richtung gedehnt werden. Hat die Dehnung eine gewisse Grösse erreicht, dann teilt sich die Initialzelle durch eine radiale Wand, so dass der Cambiumring seiner Ausdehnung entsprechend, auch an Zellenzahl zunimmt.

Auf dem Querschnitt ist das sekundäre Holz und die sekundäre Rinde von zahlreichen radial verlaufenden, aus einer oder mehreren Zellreihen zumeist parenchymatischer Natur bestehenden feinen Streifen durchzogen, den Markstrahlen, die auf dem Radialschnitt als Bänder (Spiegel), auf dem Tangentialschnitt als spindelförmige Zellgruppen von sehr verschiedener Höhe erscheinen (z. B. bis 160 mm: Erle, bis 50 mm: Stieleiche, bis 5 mm: Rotbuche, bis 1 mm: Spitzahorn, ca. $^1/_2$ mm: Esche, ca. $^1/_5$ mm: Buchsbaum). Auf dem Querschnitt springen die Markstrahlen verschieden weit gegen das Mark vor; nur wenige erreichen dasselbe, die im § 11 Ab-

satz 4, erwähnten primären Markstrahlen, welche zugleich die breitesten und längsten sind, während die grosse Mehrzahl blind im Holze endigt: sekundäre Markstrahlen. Die Entstehung eines Markstrahles beginnt damit, dass eine oder mehrere seitlich neben einander liegende langgestreckte Cambiumzellen sich mehrmals quer oder schief teilen; in den, ebenfalls bald nach aussen, bald nach innen abgeschiedenen Tochterzellen der Markstrahlinitialen unterbleiben weitere Teilungen und diese Gewebemutterzellen wachsen zu meist in radialer Richtung gestreckten Dauerzellen heran. Ein primärer Markstrahl entsteht dadurch, dass die Cambiumzellen von Anfang an, ohne vorher gewöhnliche Holz- und Rindenelemente gebildet zu haben, nach aussen wie nach innen lauter Markstrahlzellen abscheiden. In dieser Entstehungsweise stimmen die primären Markstrahlen von Trieben und Wurzeln völlig überein; ihre Unterschiede sind in dem primären Bau beider Organe begründet. Die primären Markstrahlen der Wurzeln endigen nämlich innen an den Holzprimanen, also eigentlich auch blind im Holze, das aber hier meist gar kein Mark besitzt. Ein sekundärer Markstrahl entsteht im Trieb wie in der Wurzel dadurch, dass das Cambium früher oder später aufhört, nach aussen gewöhnliche Rinden-, nach innen Holzelemente zu bilden und fortan nur Markstrahlzellen erzeugt.

Der Beginn der Cambialtätigkeit findet bei unseren Bäumen im allgemeinen in der 2. Hälfte April oder in der 1. Hälfte Mai statt und zwar bei älteren Bäumen zunächst an den jüngsten Trieben, an basalen Zweiganschwellungen und am Wurzelanlauf; er rückt, je nach Holzart, mit sehr verschiedener Geschwindigkeit von den Zweigspitzen zu den älteren Teilen der Aeste und zuletzt zum Stamme vor und unterliegt, je nach Spezialfall grossen Schwankungen (auf sonnigem Standort viel früher als in schattigen Nordlagen, im dichten Schlusse später als bei lichtem Stand, an unterdrückten Bäumen später als bei herrschenden und Ueberhältern etc.). Selbst auf verschiedenen Seiten des gleichen Querschnitts eines Baumes erwacht die Cambialtätigkeit nicht gleichzeitig. Das Ende der Cambialtätigkeit fällt meist in den Hochsommer mit grossen zeitlichen Schwankungen je nach Holzart, Lage und Stammteil. Im Gipfel erlischt die Cambialtätigkeit meist früher als im unteren Stammteil, am längsten dauert sie bei den Wurzeln.

5. Die Rinde[4]).

§ 16. Die Baumrinde dient der Stoffwanderung, namentlich der Ableitung der Assimilate, sie dient ferner als Reservestoffbehälter und als Schutzorgan gegen die Aussenwelt, gegen Hitze, grelle Temperaturschwankungen und zu weitgehendem Wasserverlust. Entsprechend dieser Vielseitigkeit ihrer Leistungen ist die Rinde stärkerer Triebe ein recht komplizierter Gewebekörper.

Die junge, primäre Rinde (vergl. § 11 Absatz 4) besitzt im allgemeinen folgenden Bau: zu äusserst die Epidermis mit derber Cuticula, von Spaltöffnungen durchsetzt, an die Epidermis anschliessend gewöhnlich kollenchymatisches Parenchym mit Chlorophyllkörnern, dann dünnwandiges, reichlich Chlorophyllkörner enthaltendes Assimilationsparenchym, ein Ring von Gruppen englumiger, dickwandiger Bastfasern, die aber den Cupressineen und Abietineen fehlen, und, unmittelbar an das Cambium angrenzend, ein paar abwechselnde tangentiale Lagen von Siebröhren (mit Geleitzellen)

---

4) Joseph Möller, Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882. 447 p. 8⁰ mit 146 Holzschnitten.

und Bastparenchym. Setzt das sekundäre Dickenwachstum ein, so befindet sich die primäre Rinde in einer vom primären Holze grundverschiedenen Lage. Das neue sekundäre Holz wird auf das primäre einfach aufgelagert, während sich zwischen die primäre Rinde und das primäre Holz das sekundäre Holz und die sekundäre Rinde einschiebt, wodurch die primäre Rinde in radialer Richtung fortwährend weiter nach aussen geschoben und in tangentialer Richtung immer stärker gedehnt wird. Dieser Dehnung vermag sie eine Zeitlang durch Dehnung, Wachstum und Teilung ihrer Zellen zu folgen, am schlechtesten im allgemeinen in der Epidermis mit der verdickten und cutikularisierten Aussenwand. Darum schafft sich die Rinde in der Kork- oder Peridermbildung zunächst eine Verstärkung und später einen Ersatz für die den Bedürfnissen des Abschlusses und Schutzes auf die Dauer nicht genügende Epidermis. Verhältnismässig in seltenen Fällen treten in der Epidermis selbst (z. B. Weiden und Pomaceen), meist in der der Epidermis unmittelbar angrenzenden Schicht, seltener in tieferen Schichten (z. B. Pinus, Larix, Taxus, Robinia, Ribes) perikline Wände auf. Die nach aussen abgeschiedenen Zellen gehen sämtlich in Dauergewebe über, wobei die Zellen, ausgenommen bei den Lenticellen, lückenlos verbunden bleiben, die Membran in der Regel verkorkt und der lebende Inhalt schwindet. Dieses Dauergewebe, welches die Funktionen der Epidermis in noch höherem Grade zu erfüllen vermag, ist der Kork (Phellem), das sekundäre Teilungsgewebe, welches ihn erzeugt hat, ist das Korkcambium oder Phellogen. Die von den Initialen dieses Korkcambiums nach innen abgeschiedenen und in Dauergewebe übergeführten Zellen, die sich, abgesehen von ihrer Entstehung, von den primären grünen Rindenparenchymzellen nicht unterscheiden, bilden das Phelloderm. Phellem, Phellogen und Phelloderm zusammen bilden das Periderm oder den Kork im weiteren Sinne. Durch die Bildung eines rings um die Triebe laufenden Periderms, das in den meisten Fällen schon in der ersten Vegetationsperiode ausgebildet wird, müssen natürlich die Spaltöffnungen ausser Funktion gesetzt werden, da sie mit der Epidermis früher oder später vertrocknen. Als Ersatzorgane hierfür werden die Lenticellen (auch Korkwarzen oder Rindenporen genannt) gebildet, indem jeweils unter den Spaltöffnungen das Korkcambium eine besonders lebhafte Tätigkeit entfaltet und besonders zahlreiche Zellen nach aussen abscheidet, deren Wandung nicht verkorkt, zwischen denen sich überall Intercellularräume ausbilden und deren jeweils äusserste Zellen sich schliesslich vollkommen ablösen. Durch diese lokalisierten Zellwucherungen wird die Epidermis mit der Spaltöffnung emporgehoben und schliesslich zerrissen und durch den Spalt tritt dann die meist gelblich- oder rötlichbraune oder grauweisse Lenticelle frei zu tage.

Je nach Holzart kann das Periderm einen sehr verschiedenen Bau, eine sehr verschiedene Stärke und eine sehr verschiedene Dauer haben. Nur dünnwandige Zellen finden wir bei dem mächtig entwickelten Schwammkork der Korkulme, deren Zellen zum grössten Teile unverkorkt sind (Phelloid) und dem mächtigen echten Kork des Feldahorns sowie dem der Robinie, dünne bezw. mässigdicke bei den Eichen, Kastanien und Rotbuchen. Bei letzteren ist das Oberflächenperiderm nur eine dünne Haut, die von innen ebenso rasch erneuert wird wie sie aussen abgestossen wird und deren Korkcambium weit über ein Jahrhundert in Tätigkeit bleiben kann. Bei der Birke haben wir regelmässig wechselnde Lagen von dünn- und dickwandigem Korke; nur dickwandige Korkzellen hat z. B. Ilex, abwechselnde Lagen von dickwandigen Steinzellen und dünnen Zellen zeigt z. B. der Kork von Pinus, Larix, Liriodendron, während bei Abies einzelne tangentiale Reihen zu einseitig (nur aussen) verdickten Steinzellen werden. In tieferen Schichten angelegtes Periderm funk-

tioniert meist nur 1 oder wenige Jahre. Früher oder später stellt bei den meisten Bäumen das Korkcambium seine Tätigkeit ein und dann treten sekundäre Korkcambien in tieferen Stellen der primären Rinde auf, die bei unseren Bäumen nicht um den ganzen Umfang des Organs herumlaufen, sondern sich an das primäre Periderm seitlich ansetzen und uhrglasähnliche Stücke aus der primären Rinde schneiden, die natürlich vertrocknen müssen, wenn die sekundären Korkcambien Kork gebildet haben. Bleiben die einzelnen, so successive aus der lebenden primären und später auch aus der sekundären Rinde herausgeschnittenen, vertrockneten Stücke in grösserer Zahl in festem Zusammenhang, so erhalten wir dicke Borkeschuppen, wie sie bei den meisten Lichtholzarten vorkommen (Steinborke der Eiche und Kastanie, Borke der Kiefer, Lärche, Robinie etc.); trennen sie sich frühzeitig wie beim Bergahorn und besonders wie bei der Platane, so erhalten wir flache Tafelborke u. s. w. In der Wurzel findet die Anlage des Korkcambiums stets in der äussersten Zellschicht des Gefässbündels, im Pericambium, statt. Die Folge davon ist, dass durch das hier gebildete Korkgewebe fast die ganze primäre Rinde zum Absterben gebracht und dann bald abgesprengt wird.

Die zweite wichtige Veränderung, welche die primäre Rinde erfährt, ist der Zuwachs vom Cambium her, die Bildung der sekundären Rinde, welche an älteren Stämmen und Zweigen die Hauptmasse der Rinde ausmacht und von der primären dadurch scharf unterschieden ist, dass sie auf dem Querschnitt fein radial gestreift (von Markstrahlen durchzogen) ist. Auch die inneren Schichten der primären Rinde erfahren oft noch nachträgliche Veränderungen, namentlich verdicken einzelne Parenchymzellen (z. B. Abies, Picea, Larix) oder Gruppen von solchen ihre Wände sehr stark und werden zu Steinzellen, besonders häufig die zwischen den primären Bastfasergruppen gelegenen, wie dies z. B. bei Fagaceen und Betulaceen schon im 1. Jahre der Fall ist. Dieser Steinzellring wird natürlich bei fortschreitendem Dickenwachstum gesprengt, da seine Zellen weder dehnungs- noch wachstumsfähig sind, die Zwischenräume bei Betula, Fagus, einige Zeit lang auch bei Quercus alsbald aber durch neugebildete Steinzellen wieder ausgefüllt. Bei Fagus wachsen von diesem Steinzellringe ausserdem noch Fortsätze in die primären Markstrahlen bis in das Holz hinein.

Die Verteilung der einzelnen Zellformen in der sekundären Rinde ist je nach Gattung sehr verschieden. So besitzt z. B. die Innenrinde von den Cupressineen und von Taxus einen regelmässig konzentrisch geschichteten Bau, indem jeweils eine Reihe Bastfasern mit 3 Reihen Siebröhren und Rindenparenchymzellen abwechseln; Picea, Pinus, Abies, Larix etc. besitzen konzentrische Schichtung, entbehren aber der Bastfasern; die Eichenrinde hat tangentiale Bastfasergruppen mit regellos eingestreuten grossen Steinzellgruppen, die Rotbuche und Birke haben nur Steinzellen und keine Bastfasern, die Ulmen und Linden nur Bastfasern und keine Steinzellen; bei der Platane ist das Parenchym zum grössten Teile in mässig verdickte Steinzellen verwandelt. Die Gesamtheit der dickwandigen Elemente der Rinde werden auch als Hartbast, die dünnwandigen als Weichbast bezeichnet. Die primären und stärkeren sekundären Markstrahlen erfahren in den äusseren Partieen der sekundären Rinde nicht selten eine fächerförmige Verbreiterung (besonders schön bei Tilia). Unter den Parenchymzellen tritt in der primären wie in der sekundären Rinde auch hinsichtlich der Inhaltsstoffe eine weitgehende Arbeitsteilung ein: soweit das Licht noch mit genügender Kraft eindringt, enthalten fast alle lebenden Zellen Chlorophyll, viele enthalten im Zellsaft Gerbstoff, der nach dem Absterben der Zellen das tote Plasma und die Zellwände durchdringt, aus der Luft Sauerstoff auf-

nimmt und die für tote Rindenpartien charakteristischen gelb- oder rotbraunen, bitteren Rindenfarbstoffe, die Phlobaphene, bildet, die wir als eine Art von Schutzstoffen der Rinde auffassèn können; zu letzteren sind wohl auch zu rechnen die Alkaloide wie Taxin (Taxus), die Glycoside, wie Aesculin, Fraxin, Salicin, die alle in lebenden Rindenzellen gebildet werden, die Milchsaftschläuche des Spitzahorns, die Schleimzellen der Linde u. s. w. In den abgestorbenen Parenchymzellen finden wir sehr häufig Krystalle von oxalsaurem Kalk, teils als Einzelkrystalle, teils als Drusen ausgebildet; erstere begleiten häufig die Bastfaserbündel auf den tangentialen Flächen in langen Reihen (sog. Krystallschläuche, sehr schön bei Quercus). Die Siebröhren funktionieren meist nicht länger als eine Vegetationsperiode und werden dann durch den Druck der benachbarten Gewebe fast bis zur Unkenntlichkeit zusammengedrückt. Bei den Nadelhölzern, Taxus ausgenommen, finden wir noch reichliche Harzgänge[5]), die ebenso wie diejenigen der Nadeln schizogen, das heisst durch Auseinanderweichen von Zellreihen zu Stande kommen, aber keine dickwandige Faserscheide wie jene besitzen. Ausser einem in der primären Rinde verlaufenden System von Harzkanälen, ·das mit der Borkebildung zu Grunde geht, finden wir im sekundären Zuwachs ein zweites System, dessen im Holz der Längsachse parallel verlaufende und nur innerhalb desselben Jahresringes seitlich mit einander in Verbindung tretende Kanäle durch die Markstrahlen, eingeschlossen in deren Mitte, in die sekundäre Rinde treten, ohne sich indes mit dem ersterwähnten System zu vereinigen.

Im Sprachgebrauch des täglichen Lebens unterscheidet man gewöhnlich Aussen-, Mittel- und Innenrinde. Die Aussenrinde entspricht dem Periderm und der Borke, umfasst also alle abgestorbenen Gewebepartieen der Peripherie, je nach Stärke und Alter der Rinde entweder Periderm allein, oder Borkeschuppen mit einem mehr oder weniger grossen Teil der abgestorbenen primären und später selbst der sekundären Rinde zwischen den sekundären Korkbändern. Die Mittelrinde umfasst das Phelloderm des Periderms und die innerhalb desselben noch vorhandenen Reste der primären Rinde, später nach eingetretener Borkebildung nur noch das Phelloderm der sekundären Korkcambien. Die Innenrinde fällt mit dem Begriff der lebenden sekundären Rinde zusammen.

6. Das Holz.

§ 17. Vom Holze ist selbst bei dem einjährigen Trieb oder der einjährigen Wurzel nur ein ganz unbedeutender Teil, die Holzteile der Gefässbündel vor Beginn des Dickenwachstums, die im Trieb auch als „Markkrone" bezeichnet werden, primärer Natur; weitaus die Hauptmasse, der sog. Holzkörper, ist sekundärer Zuwachs. Das Holz dient der Leitung des Wassers mit den Aschenbestandteilen, im Frühjahr auch der Leitung der stickstofffreien Reservestoffe, der mechanischen Festigung des Baumgerüstes und der Speicherung der Reservestoffe. Demgemäss haben wir hier leitende, festigende (sog. mechanische) und speichernde Gewebeelemente zu unterscheiden, die zum Teil durch Zwischenstufen verbunden sind, indem einzelne Gewebeelemente ausser der Hauptfunktion noch einer Nebenfunktion dienstbar gemacht sind. Die Zellmembranen aller Holzelemente sind (wenigstens teilweise) verholzt. Der Wasserleitung dienen die dünnwandigen, meist behöft getüpfelten, seltener ausserdem noch mit netz- oder spiralförmigen Wandverdickungen versehenen Gefässe oder Tracheen, und

5) Mayr, Harz der Nadelhölzer. Berlin 1894. 96 p. 2 Tafeln. 8⁰.

die bis auf die geschlossenen Enden ebenso gebauten weitlumigen Tracheiden, also ausschliesslich physiologisch tote Gewebeelemente; der mechanischen Festigung dienen in erster Linie die dickwandigen Holzfasern (Libriform) mit schief spaltenförmigen Tüpfeln, die darum auch weitaus die Hauptmasse des Holzes bei den Laubhölzern ausmachen und von deren Menge, Dickwandigkeit und Englumigkeit vor allem die Schwere und die Festigkeit des Holzes abhängt. Im Holz der Coniferen, dem echte Gefässe und Holzfasern fehlen und das fast ausschliesslich aus Fasertracheiden aufgebaut ist, welche auf den Radialwänden kreisförmige Hoftüpfel besitzen, muss Wasserleitung und Festigung von den gleichen Gewebeelementen übernommen werden; doch haben wir eine Arbeitsteilung auch hier insofern, als die in erster Linie für die Wasserleitung bestimmten Tracheiden des Frühholzes dünnwandig und weitlumig, die in erster Linie für die Festigung bestimmten des Spätholzes dickwandig und englumig sind. Ebenso dienen auch bei den Laubhölzern die dickwandigen Tracheiden und Gefässe nebenbei der Festigung, und ebenso die Holzfasern mit kleinen spaltenförmigen Hoftüpfeln nebenbei der Wasserleitung. Der Leitung der organischen Baustoffe und vor allem der Speicherung der stickstofffreien Reservestoffe dienen in erster Linie die Holzparenchymzellen, welche entstehen, wenn die Gewebemutterzelle sich durch einige Querwände teilt, und die meist sehr viel spärlicher auftretenden Ersatzfasern, deren Mutterzelle ungeteilt bleibt. Als Reservestoffe finden wir gleich nach dem Laubfall bei allen Bäumen Stärke, die bei den meisten Holzarten, besonders bei den Harthölzern, auch im Winter als solche erhalten bleibt (Stärkebäume), während sie bei den meisten Weichhölzern in fettes Oel umgewandelt wird (Fettbäume). Auch zwischen den typischen Holzfasern und zwischen dem typischen Holzparenchym finden sich anatomische oder physiologische Zwischenstufen: gefächerte oder ungefächerte derbwandige Holzfasern mit lebendem Inhalt, die neben der Festigung auch der Speicherung dienen, Fasern, die zur Hälfte als Holz-, zur andern als Ersatzfaser ausgebildet sind, dickwandige Holzparenchymzellen und Spalttüpfel tragende Ersatzfasern, welche neben der Speicherung auch der Festigung dienen. Zu den längs verlaufenden Elementen gehören ferner die im Coniferenholz (ausser bei Abies und Taxus) vorkommenden, von Holzparenchym umgebenen, Harzkanäle. Der Leitung und Speicherung von Assimilaten dienen endlich noch die Holzmarkstrahlen, deren Zellen zumeist radial gestreckt sind (liegende Markstrahlzellen) und zum Holzparenchym gehören. Bei den dicotylen Holzarten ist der obere und untere Rand der Markstrahlen häufig durch in der Richtung der Längsachse gestreckte Zellen gebildet (stehende Markstrahlzellen), welche durch grosse einseitig behöfte Tüpfel mit den angrenzenden Gefässen kommunizieren; bei vielen Abietineen, besonders auffallend bei Pinus, ist der obere und untere Rand des Markstrahls durch eine oder einige Reihen von radial gestreckten, mit behöften Tüpfeln versehenen Zellen gebildet, die auch als Tracheiden funktionieren (tracheidale Markstrahlzellen).

Auf dem Querschnitt eines Laubholzes erkennen wir im allgemeinen die Gefässe und Tracheiden an den zahlreichen behöften Tüpfeln ihrer Membran, die Holzfasern an ihrer dicken, glatten Membran und dem Mangel an Stärke, die Parenchymzellen und sonstigen Speicherelemente an der ziemlich dünnen, einfach getüpfelten Membran, dem in der Regel erheblich weiteren Lumen als bei den Holzfasern und dem durch das Vorhandensein von Stärkekörnern als lebend gekennzeichneten Inhalte.

Der Anteil der lebenden (speichernden) Elemente ist beim Laubholz im allgemeinen viel grösser als beim Nadelholz, wo sie nur in der Begleitung der Harzgänge, oder wo solche fehlen, zerstreut zwischen den Tracheiden in Längsreihen vorkommen

und wo die Markstrahlen, die Partien, in welchen Harzgänge verlaufen, ausgenommen, stets einreihig sind. Der winterkahle Laubholzbaum, der alljährlich sein ganzes Laub verliert, bedarf eben viel reichlicherer Reservestoffe als die immergrünen Nadelhölzer. Das Wurzelholz ist im grossen und ganzen viel reicher an Parenchym als das Stamm- oder Astholz und ausserdem ist es stets auch viel schwammiger gebaut. Letztere Eigenschaft beruht darauf, dass die Durchschnittsweite der einzelnen Gewebeelemente, die ganz grossen Gefässe mancher Laubhölzer ausgenommen, eine viel beträchtlichere und die Wandstärke derselben meist eine geringere ist.

Was die Anordnung der verschiedenen Gruppen von Gewebeelementen anlangt, so muss sowohl das mechanische wie das leitende Gewebesystem in ununterbrochenem Zusammenhange stehen; keines darf, um seinen physiologischen Aufgaben gerecht werden zu können, in seinem Längsverlauf eine vollständige Unterbrechung erfahren. Dieser Bedingung wird das Leitungssystem unserer Holzgewächse dadurch gerecht, dass 1. die Gefässe und Tracheiden stets mit anderen Gefässen oder Tracheiden der Länge nach oder seitlich zusammenhängen, 2. dadurch, dass das Holzparenchym sich teils seitlich, teils oben oder unten an die Markstrahlen anschliesst, und 3. dadurch, dass Holzparenchym und Markstrahlgewebe stets mit dem Wasserleitungssystem, den Gefässen und Tracheiden, zusammenhängt. Die Markstrahlen stellen die radialen Leitungsbahnen dar, welche durch Holzparenchymbrücken in tangentialer und longitudinaler Richtung in Zusammenhang stehen. Wo einzelne Holzparenchymzellen im mechanischen Gewebe isoliert auftreten, ist diese Isolierung nur eine scheinbare, da das gesamte Leitparenchym eines Baumes zwar nicht in jeder Querschnittsebene, aber doch im Raume ein zusammenhängendes System bildet. Der Anschluss des Holzparenchyms und des Markstrahlgewebes an das Wasserleitungssystem wird entweder durch tangentiale Bänder von Parenchymzellen, in welchen die Gefässe eingebettet sind oder denen sie anliegen, oder durch Parenchymhüllen um die Gefässe ohne Tangentialbänder, beziehungsweise durch die mannigfachsten Kombinationen dieser beiden Typen vermittelt. Die Markstrahlzellen kommunizieren mit den Gefässen und Tracheiden durch besonders grosse oder durch besonders zahlreiche Tüpfel. Dieser Zusammenhang zwischen Leitparenchym und Gefässen und Tracheiden ist zuerst von Haberlandt physiologisch richtig gedeutet worden: „So wie im Sommer das Wasser mit den gelösten Nährsalzen vom Parenchym der funktionierenden Wurzeln in das leitende Röhrensystem gepresst wird und von hier aus als Transpirationsstrom in die assimilierenden Blätter gelangt, ebenso wird im Frühjahr gelöstes plastisches Baumaterial aus dem Holzparenchym und den Markstrahlen in das Wasserleitungssystem gepresst, um in demselben viel rascher, als es im Leitparenchym auf rein osmotischem Wege möglich wäre, den wachsenden Laub- und Blütensprossen zugeleitet zu werden. Wir haben es also hier mit einer Nebenfunktion des Wasserleitungssystems zu tun, welche allein die so rasche Entfaltung der Laub- und Blütenorgane im Frühjahr ermöglicht.“ Durch eingehende Untersuchungen A. Fischers wurde dies später bestätigt.

7. Die Jahresringbildung.

§ 18. Die gesamte, aus dem Cambium während einer Vegetationsperiode hervorgegangene Holzmasse bildet in der Regel einen „Jahresring“, so genannt nach der bekannten Querschnittsfigur. Mitunter kommen auch zwei, namentlich bei zweimaliger Belaubung in einem Sommer vor, oder der Jahresring unterbleibt infolge ungünstiger Ernährungsverhältnisse im mittleren und unteren Stammteil unterdrückter Bäume, oder am untern Teil langer, schwach beblätterter Aeste. Die einzelnen Jahr-

ringe sind gewöhnlich deutlich gegen einander abgesetzt durch die Jahrringgrenze, welche besonders scharf bei den Nadelhölzern hervortritt. Die Cambialtätigkeit unserer Bäume ist keine kontinuierliche, sondern eine periodische, zum Teil bedingt durch klimatische Verhältnisse (Winterruhe). Aber diese Winterruhe des Baumlebens und das Wiedererwachen desselben im Frühjahr gibt uns als solches noch keine Erklärung der Ringbildung, wir kennen auch tropische Bäume mit Jahrringen und kurzer sommerlicher Ruhepause. Wäre das am Schlusse der Vegetationsperiode gebildete Holz, das Spätholz (unzweckmässig auch Herbstholz genannt) dem zu Beginn derselben, dem Frühholz (Frühlingsholz) im anatomischen Bau völlig gleich, dann entfiele jeder Grund für die Bildung einer Jahrringgrenze. Sie fehlt auch tatsächlich bei vielen tropischen Hölzern und ist bei manchen zerstreutporigen einheimischen im Stamm- und Astholz oft schwer, im Wurzelholz oft gar nicht zu erkennen. Die Cambialtätigkeit ist vor allem keine gleichmässige; sie ist zu Beginn der Vegetationsperiode eine besonders lebhafte und bildet da vor allem Leitgewebe, während sie im Sommer vorzugsweise mechanisches Gewebe bildet und im August im Holze unserer Bäume schon erlischt, nach der Rinde zu dagegen ihre Tätigkeit fortsetzt, so lange es die Witterung gestattet. Dies beruht auf inneren Ursachen und es ist als eine fixierte, erbliche Eigenschaft anzusehen, dass das Frühholz bei den meisten Holzarten dünnwandig und weitlumig, vielfach, bei den ringporigen Hölzern, reich an besonders weiten Gefässen ist, während das Spätholz sich im allgemeinen durch Dickwandigkeit und Englumigkeit seiner Elemente auszeichnet und die Gefässe bei den ringporigen Hölzern hier sehr viel kleiner und meist auch spärlicher sind. Bei den zerstreutporigen Hölzern sind die Gefässe meist über die ganze Ringbreite gleichmässig verteilt, im Frühholz nicht oder nicht viel grösser und höchstens etwas zahlreicher. Erblich ist es ferner, dass jede Holzart ihren spezifischen anatomischen Bau besitzt und meist ist in jedem einzelnen Jahrring zu erkennen, ob ein Holz ringporig oder zerstreutporig ist, wie die Gruppierung der Gefässe und Tracheiden, der Holzfasern, des Holzparenchyms, die Zusammensetzung, die Breite und Höhe der Markstrahlen beschaffen ist u. s. w., endlich ob etwa einzelne der im vorigen Paragraphen geschilderten Gewebeelemente fehlen; so fehlen den Coniferen regelmässig Gefässe und Holzfasern, den Eichen, Kastanien und Weissbuchen: Ersatzfasern, den Ahornarten und den Hollunderarten: die Holzfasern, zahlreichen Leguminosen, Weiden und Pappeln, den Eschen und Platanen: die Tracheiden. Verhältnismässig selten ist es, dass das Holz zweier Gattungen anatomisch schwer zu unterscheiden ist, während die verschiedenen Arten der nämlichen Gattung einander meist in weitgehendem Masse gleichen.

Die Breite der Jahresringe hängt ausser von inneren Ursachen, wonach raschwüchsige Holzarten im allgemeinen viel breitere Ringe ausbilden, als trägwüchsige, auch von einer ganzen Reihe äusserer Faktoren ab, unter denen die Ernährungsverhältnisse insofern eine wichtige Rolle spielen, als die Assimilationstätigkeit der Krone ja das Material für den Aufbau der Ringe liefert. Bekannt sind die engen Jahresringe der Bäume von der Baumgrenze im Hochgebirge und vor allem diejenigen von der Polargrenze sowie die breiten Ringe der auf sehr fruchtbarem und frischem Boden erwachsenen Bäume; bekannt ist ferner, dass der Baum im Freistand viel breitere Ringe erzeugt, als unter sonst gleichen Standortsverhältnissen im Schlusse, und hier der herrschende Baum wieder breitere als der unterdrückte hervorbringt. In den einander folgenden Jahren sind die Ringe oft von sehr verschiedener Breite beim gleichen Baumindividuum. So hat z. B. ein Maikäfer- oder ein Samenjahr schmale Ringe zur Folge, weil die Reservestoffe für die Bildung der neuen Blätter bezw. die Assimilationsprodukte für das Wachstum der Früchte in Anspruch genommen werden; bei der Buche

ist die Verminderung des Zuwachses in dem auf eine Vollmast folgenden Jahre sogar noch grösser. Lichtstellung hat eine Verbreiterung der Jahresringe zur Folge (Lichtungszuwachs), aber meist erst nach einigen Jahren ausser bei ganz jungen Bäumen, bezw. sehr gut entwickelter Krone. Von Einfluss auf die Ringbreite ist ferner die Lufttemperatur vor Beginn, während und nach Abschluss des Dickenwachstums, ebenso die Luftfeuchtigkeit, die Bewegung der Luft, die Niederschlagsmengen vor und während des Dickenwachstums unter Berücksichtigung der Durchlässigkeit des Bodens. Ebenso ist für die Verteilung des Dickenwachstums auf die einzelnen Teile des Baumes keineswegs die Verteilung der Nahrungsstoffe massgebend und ebenso wenig für das prozentuale Verhältnis von Früh- und Spätholz, von leitendem und mechanischem Gewebe. Hiefür dürfte nach den Untersuchungen Schwendeners, Metzgers und Frank Schwarz die mechanische Beanspruchung der einzelnen Baumteile durch den Wind von ausschlaggebender Bedeutung sein, ebenso wie Zug- und Druckverhältnisse auch auf die Ausbildung von exzentrischen Jahresringen von Einfluss sind. Ueberall werden die Jahresringe da breiter, die mechanischen Elemente besser und reichlicher ausgebildet, wo es die Biegungs- oder Druckfestigkeit des Stammes oder der Aeste erfordert. Der Wind oder der mechanische Druck kann aber hier jedenfalls nur als auslösender Reiz wirken und dass verschiedene Holzarten auf den gleichen Reiz verschieden reagieren und das Verhältnis von Ursache und Wirkung jedenfalls nicht so ganz einfach liegt, dürfte schon daraus erhellen, dass z. B. beim schiefstehenden Coniferenstamm, oder beim Coniferenast, die beide exzentrisch gebaut sind, die Druckseite (Unterseite) und besonders das Spätholz (= Druckholz, Rotholz) sowohl nach Menge wie Wandstärke der Zellen stärker entwickelt ist (Hypotrophie, Hyponastie), bei den Laubhölzern dagegen die Oberseite (Epitrophie, Epinastie), ohne dass dies aber absolut durchgreifend wäre, denn sogar der nämliche Ring kann bald nach oben, bald nach unten, bald nach der Seite verstärkt sein. Am Waldrand besitzen die Stämme gewöhnlich exzentrischen Bau mit der breiteren Seite nach aussen, bei engem Stand sind die Ringe an der einander genäherten Seite am schmalsten, an steilen Hängen zeigt die Bergseite den stärkeren Jahresring, in der Windrichtung zeigt sich vielfach eine Exzentrizität der Jahresringe und die schmalste Stelle auf der dem Wind-Stoss zugewendeten (Zug) Seite u. s. w. Beim Taxus und bei der Hainbuche ist dagegen die ungleiche Breite der Jahresringe auf verschiedenen Seiten des Querschnitts eine erbliche Eigenschaft (Spannrückigkeit). Früher Beginn der Vegetation fördert nach Frank Schwarz bei der Kiefer das Frühholz, später das Spätholz, das sich hier von Ende Juli an, vornehmlich im August, bildet. Bäume mit sehr grosser Krone und breiten Ringen haben ein geringes, solche mit mittlerer Krone ein grosses und solche mit kleiner Krone und schwachem Zuwachs das geringste Spätholzprozent; höhere Bäume haben ein grösseres, freistehende, weniger hohe ein geringes Spätholzprozent, was alles durch die früheren Ernährungstheorien nicht befriedigend erklärt werden kann, dagegen zweckmässig erscheint, wenn man sich den Baumstamm als Träger gleichen Widerstandes konstruiert denkt, nur an der Basis etwas verstärkt. Ganz abnorm ist das Maserholz gebaut, das seine Entstehung meist dem Auftreten massenhafter Adventivknospen verdanken dürfte, welche die Holzelemente von ihrem normalen Verlauf ablenken.

8. Die Verkernung.

§ 19. Der Stammquerschnitt ist bei den meisten Bäumen nicht gleichmässig gefärbt; gewöhnlich unterscheiden wir eine zentrale, meist dunkler gefärbte, ausschliess-

lich aus abgestorbenen Elementen bestehende Partie, den Kern, von einer meist wasserreicheren, weiss oder gelblichweiss gefärbten, reichlich lebende Zellen enthaltenden peripheren Partie, dem Splint. Besteht, was verhältnismässig selten der Fall, das ganze Holz aus Splint (z. B. Acer Pseudoplatanus und platanoides, Buxus sempervirens, Betula alba und Populus tremula), so nennt man solche Bäume Splintbäume, die anderen Kernbäume. Der Splint dient der Wasserleitung und als Reservestoffbehälter und zwar sind es gewöhnlich nur die äussersten, manchmal nur der äusserste Jahresring, welcher Wasser leitet, während die älteren Reservestoffe speichern. Die Dicke des Splints ist sehr verschieden, in den Wurzeln reicht er nach Durchmesser und Jahresringen im allgemeinen am weitesten nach innen; im Stamm ist er dicker als bei den Aesten, zählt aber dort mehr Jahresringe; bei der Kiefer kann er 25, ausnahmsweise sogar bis 80 Ringe umfassen, bei der Silberpappel sind es gewöhnlich nur 7. Die Grenze zwischen Splint und Kern folgt übrigens weder in verschiedener Höhe des Baumes und nicht einmal auf dem gleichen Querschnitt einem bestimmten Jahresring. Die Ausbildung des Splintes scheint sich nach derjenigen der Krone zu richten; je grösser die Krone, desto breiter der Splint. Der echte Kern dient lediglich der Festigung. Nicht damit zu verwechseln ist der falsche Kern, Scheinkern oder Faulkern, wie er häufig von Wunden aus und wahrscheinlich auch durch Pilze verursacht, mit ganz unregelmässiger Begrenzung z. B. bei der Rotbuche auf manchen Standorten häufig ist. Das Material für die Verkernung wird wahrscheinlich von den lebenden Parenchymzellen und von den Markstrahlen geliefert, während man es früher für Umwandlungsprodukte der Membran hielt. Die Membran der verkernenden Elemente bleibt aber erhalten; nur die Lumina derselben sind durch Einlagerung der verschiedensten organischen Substanzen verstopft, wie Farbstoffe, harz- und gummiartige Körper, Gerbstoffe etc., die auch häufig in die Membran selbst infiltrieren. Bei manchen unserer Laubholzbäume, wie Ulmus campestris, Celtis australis, Sorbus torminalis und Fagus silvatica sind die Gefässe oft mit kohlensaurem Kalk förmlich angefüllt. Bei der Robinie und bei der Eiche werden die Gefässe normaler Weise durch Thyllenbildung für die Wasserleitung unwegsam gemacht, wenn Parenchymzellen, welche an Gefässe angrenzen, die Schliesshäute der behöften Tüpfel jener in die Gefässlumina blasenartig hineinwölben, wo sich die eingedrungenen Zellen teilen und mit einander verwachsen und das Gefässlumen schliesslich völlig verstopfen. Je dunkler ein Kernholz gefärbt ist, desto dauerhafter pflegt es zu sein; ist dagegen, wie bei manchen Weiden und der kanadischen Pappel das Kernholz nicht durch Schutzstoffe imprägniert, so fällt es leicht der Zersetzung anheim und solche Bäume werden leicht und früh hohl.

III. Die Arbeitsleistungen des Baumes (Physiologie)[6].

Auf die Arbeitsleistungen der verschiedenen Organe des Baumes musste in vorstehendem schon vielfach Bezug genommen werden, wenn dieselben ihrem äusseren und inneren Bau nach wirklich als Organe charakterisiert werden sollten. Darum kann dieser Abschnitt um so kürzer ausfallen, der nur in grossen Umrisslinien die wichtigsten physiologischen Vorgänge schildern soll.

1. Die Atmung.

§ 20. Die Atmung muss als der allgemeinste und fundamentalste

6) Vorzügliche, knappe Abrisse dieser Wissenschaft bieten z. B. das Wiesner'sche Lehrbuch p. 201—334, und das Strasburger'sche in der Darstellung von Noll p. 130—254.

Lebensprozess angesehen werden, denn alle lebenden Zellen atmen und zwar jederzeit, Tag und Nacht. Die Pflanzenatmung ist wie die tierische Atmung ein Oxydationsprozess, bei welchem hier der Hauptsache nach Kohlehydrate, manchmal auch Fette, zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden. Die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure ist der Menge des aufgenommenen Sauerstoffs gleich, die Fälle ausgenommen, in welchen ein Teil des aufgenommenen Sauerstoffs, z. B. bei der Keimung fetthaltiger Samen, bei der Umwandlung der sauerstoffärmeren Fette in die sauerstoffreicheren Kohlehydrate in den letzteren festgelegt wird. Da die Kohlehydrate und Fette chemische Verbindungen sind, welche von dem Luftsauerstoff unter gewöhnlichen Umständen nicht, bezw. nur schwer angegriffen werden, kann die Atmung, die „physiologische Oxydation“ jedenfalls kein ganz einfacher Vorgang sein. Sie ist eben eine Lebensäusserung des lebenden Protoplasmas, in welchem sie, wenn auch meist viel schwächer, auch bei Abschluss des freien Sauerstoffs als sog. „intramolekulare Atmung“ stattfindet, indem hier der erforderliche Sauerstoff aus den Molekülen der organischen Substanzen durch aussergewöhnliche Umsetzungen herausgerissen wird, ein Prozess, der natürlich auf die Dauer zum Zerfall des lebenden Protoplasmas führen muss, aber wahrscheinlich als die unmittelbare Veranlassung zur normalen Sauerstoffatmung anzusehen ist. Durch das Netzwerk engerer oder weiterer luftführender Kanäle, das, wie wir früher gesehen, alle lebenden Zellen der Pflanzengewebe umgibt, findet der Luftsauerstoff überall Zutritt zu den lebenden Zellen und ebenso wird in diesen Intercellularen die bei der Atmung gebildete Kohlensäure nach aussen abgeleitet.

Die Intensität der Atmung ist eine sehr verschiedene. Am energischsten atmen wachsende Pflanzenteile, besonders in der Entfaltung begriffene Knospen und Blüten und keimende Samen, welche die Hälfte ihrer Trockensubstanz hierbei veratmen können. Ausserdem ist die Intensität der Atmung auch von der Lufttemperatur und dem Wassergehalt der lebenden Zellen abhängig; ruhende, sehr wasserarme Samen atmen am trägsten. Die Atmung der grünen, ausgewachsenen Laubblätter ist bei den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden und schwankt im Verhältnis von 1 : 27.

Bei der Atmung wird organische Substanz zerstört, welche bei dem Assimilationsprozess synthetisch aufgebaut wurde; indes ist der Substanzverlust im allgemeinen ein relativ geringer, wie der Umstand zeigen möge, dass z. B. beim Kirschlorbeer 1 Stunde Assimilation das Material für 30 Stunden Atmung liefert. Die Atmung ist die notwendige Voraussetzung aller Lebensprozesse. Unterbleibt die normale Atmung, z. B. im sauerstofffreien Raum, so stehen sofort alle anderen Lebensprozesse still. Durch die Umsetzung chemischer Spannkräfte (potentielle Energie) in lebendige Kraft (kinetische Energie) liefert die Atmung der Pflanze die Betriebskräfte für andere Lebensäusserungen.

2. Die Aufnahme des Wassers, der Aschenbestandteile und des Stickstoffs.

§ 21. Das Wasser spielt im Pflanzenleben eine ungemein vielseitige und wichtige Rolle; es durchtränkt alle organisierten Substanzen, die im Gegensatz zu den nicht organisierten quellungsfähig (inbibitionsfähig) sind, es dient zur Deckung des Transpirationsverlustes, zur Einführung der Aschenbestandteile, als Lösungs- und Transportmittel im Stoffwechsel, als direktes Nahrungsmittel zum Aufbau der organischen Substanzen und schliesslich zum Wachstum wie zur Festigung beim Turgor, worunter man die osmotische Druckkraft versteht, welche der Zellsaft, dank der in ihm gelösten Wasser anziehenden Substanzen auf Plasmahaut und Zellmembran ausübt. Unter solchem Druck stehende Zellen nennen wir turgescent und nur im turgescenten

Zustande sind die Zellen — von der Atmung, die auch in welkenden Pflanzenteilen kräftig fortgesetzt wird, abgesehen — zu energischen Lebensäusserungen befähigt. Durch den Turgor allein erhalten wachsende Pflanzenteile ihre Festigkeit. Der Gegensatz von turgescent ist welk.

Die Aufnahme des Wassers und der in ihm gelösten Aschenbestandteile erfolgt, wie wir früher gesehen haben, ausschliesslich durch die jüngsten Wurzeln, deren lebende Wurzelhaare als osmotische Apparate funktionieren und deren lebende Plasmahaut — und zwar an innerer und äusserer Hautschicht verschieden — eine Art Wahlvermögen den dargebotenen Aschenbestandteilen gegenüber besitzt, indem dieselbe für die meisten gelösten Substanzen viel weniger durchlässig ist als die Zellhaut, so dass dieselben nicht in den gleichen Mengenverhältnissen, in welchen sie im Bodenwasser gelöst sind, in die Wurzel eintreten. Ausserdem lösen die mit den Bodenpartikelchen verwachsenden Wurzelhaare hier direkt noch Aschenbestandteile auf. Durch Diffusion von Zelle zu Zelle wandert das Wasser durch die Rindenzellen der jungen Wurzeln und wird schliesslich unter starkem osmotischem Druck in die Hohlräume der Gefässe und Tracheiden des Holzkörpers der Wurzel eingepresst.

Aschenanalysen verschiedener Baumteile und verschiedener Baumarten, wie sie in grosser Zahl ausgeführt worden sind, zeigen uns den Gesamtgehalt an Asche, wie die Zusammensetzung derselben. Besonders aschereich sind die Blätter und die Rinde, während das Holz aschenarm zu sein pflegt. Auf das Trockengewicht bezogen, schwankt die Aschenmenge der Coniferennadeln zwischen 1,5 und 3,5% (1,3% Weymouthskiefer, ca. 2% Kiefer, ca. 3—3,5% Tanne und Fichte) und zwischen 3,8% (Erle und Hainbuche) und 8,7% (Akazie) und 9% (Esche), die Rindenasche zwischen 0,75% (Kiefer und Birke) ca. 1,5% bei der Fichte, 2% bei der Tanne, 3—4% bei Buche und Eiche und 8—9% bei Feldahorn und Ulme, mit grossen individuellen und ausserdem vom Alter, von Standortsverhältnissen etc. abhängigen Differenzen. Die Rindenasche ist stets sehr reich an Kieselsäure und Kalk, welch letzterer auch in der Asche der Blätter und des Holzes sehr reichlich vorzukommen pflegt. Der Aschengehalt des Holzes ist meist sehr gering, 0,3—0,4% bei den meisten Hölzern, selten weniger, ca. 0,2% bei Kiefer und Weymouthskiefer, oder mehr, 0,5% bei der Robinie. Die Aschenanalysen sagen aber nicht viel aus über das Aschenbedürfnis der Holzarten, ausser wenn eine grosse Zahl solcher vorliegt und sie sagen vor allem nicht viel über das Bedürfnis an den einzelnen Aschenbestandteilen. Tatsächlich sind die meisten Elemente schon in Pflanzenaschen gefunden worden.

Durch die Methode der sog. Wasserkultur ist von Sachs, Nobbe u. a. festgestellt, dass zur vollständigen Ernährung der grünen Pflanze aus dem Boden, Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen sowie Stickstoff, Schwefel und Phosphor genügen, während alle andern in den Pflanzenaschen gefundenen Elemente entbehrt werden können. Der Kohlenstoff der Pflanze stammt nicht aus dem Boden, wie die alte Humustheorie annahm. Die Form, in welcher diese Grundstoffe aufgenommen werden, ist die kieselsaurer, kohlensaurer, schwefelsaurer, phosphorsaurer und salpetersaurer Salze. Wenn man den oben erwähnten unentbehrlichen Elementen Silicium (in der Form von Kieselsäure), Chlor und Natrium als nützliche, die übrigen als entbehrliche gegenüberstellte, so ist dies nur cum grano salis für die tatsächlichen Verhältnisse richtig, seitdem wir den Salzhunger der Pflanze kennen und wissen, dass das Plasma seine volle osmotische Arbeitskraft erst bei einem Aschenminimum, beim Hafer z. B. von 3%, entfaltet, wovon aber nur rund 2% auf obige unentbehrliche Grundstoffe zu kommen brauchen, das letzte Drittel somit anderweitig durch an und für sich bedeutungslose Aschenbestandteile gedeckt

werden kann. Kalk ist viel weniger eigentlicher Nährstoff als indirektes Düngemittel, das wichtige Stoffumsetzungen im Boden vermittelt und die beim Stoffwechsel der Pflanze in erheblicher Menge entstehende giftige Oxalsäure bindet (die Krystalle, die wir in den Bäumen, namentlich in der Rinde und in den Blättern finden, sind sogut wie ausnahmslos Krystalle von oxalsaurem Kalk). Der Stickstoff, der ca. 16% der Eiweisssubstanzen ausmacht, ist einer der wertvollsten Bodennahrungsstoffe; er wird von den Pflanzenwurzeln wahrscheinlich nur in Form von salpetersauren Salzen aufgenommen. Das Material hierfür rührt, da wir keine salpetersauren Mineralien im Waldboden haben, teils von der Zersetzung organischer Substanz her, teils wird es mit den atmosphärischen Niederschlägen als Salpetersäure und Ammoniak zugeführt, teils wird der freie Stickstoff der Atmosphäre durch die Wurzelknöllchen der Schmetterlingsblütler (Robinie) oder durch gewisse frei lebende Bakterien (Clostridium Pasteurianum) in organische stickstoffhaltige Substanz übergeführt. Ausschliesslich auf Bakterientätigkeit ist auch die Ueberführung des bei der Verwesung gebildeten Ammoniaks in salpetrige Säure (Nitritbildner) und dieser in Salpetersäure (Nitratbildner) zurückzuführen, während zahlreiche andere Arten dieser niedersten Lebewesen die Fäulnis- und Zersetzungsprozesse der abgefallenen Pflanzenteile vermitteln und so deren Substanz wieder in eine für die Pflanze aufnehmbare Form bringen.

3. Die Leitung und Abgabe des Wassers. (Der Transpirationsstrom.)

§ 22. Den Anstoss zu der Wasserbewegung im Baumkörper, die man darum auch Transpirationsstrom nennt, gibt zweifelsohne die Transpiration, speziell die Verdunstung der Blätter, welche Platz für nachrückendes, neues Wasser schafft. Die Transpiration geht so vor sich, dass Wasserdampf aus den Intercellularräumen des Blattes durch die Spaltöffnungen in die trockenere Aussenluft entweicht. In die Intercellularräume verdunstet dann sofort Inbibitionswasser aus den Zellwänden der an dieselben angrenzenden Zellen. Dieser Inbibitionsverlust wird aus dem Zellinhalt gedeckt, wodurch in der Zelle osmotische Kräfte frei werden, die alsbald den weiter nach Innen gelegenen Zellen Wasser entreissen. Diese letzteren Zellen decken ihren Wasserverlust aus den Tracheiden der überall im Blatt verteilten Gefässbündelendigungen, wodurch der Transpirationsstrom im Gefässsystem in Bewegung gesetzt wird. Bei der raschen Massenbewegung, um welche es sich hier handelt, spielt die Bewegung des Inbibitionswassers im Holz (Inbibitionstheorie), die Diffusion des Wassers von Zelle zu Zelle in den lebenden Elementen, wegen zu geringer Schnelligkeit und Ausgiebigkeit jedenfalls nur eine untergeordnete Rolle; die Elemente der Rinde kommen überhaupt nicht in Betracht, weil ringsum geringelte Bäume, bei welchen sich das Wasser nur im Holzkörper bewegen kann, ungestört weiter transpirieren. Es kann heute als sicher angesehen werden, dass sich der Transpirationsstrom nur in den Hohlräumen der Gefässe und Tracheiden bewegt und hier auch nur in den äussersten Jahresringen. Der Nutzen weiter Gefässe im Frühholze ringporiger Hölzer leuchtet dann ohne weiteres ein; es werden so der Länge nach direkt zusammenhängende, weite Wasserbahnen geschaffen, die das Wasser von den aufnehmenden Wurzeln bis zu den einjährigen Zweigen und deren Blättern auf dem kürzesten Wege leiten. Bei den Coniferen, die der Gefässe entbehren, setzen die Schliesshäute der Hoftüpfel der Filtration des Wassers keinen nennenswerten Widerstand entgegen. Durch den Transpirationsstrom werden vor allem die Aschenbestandteile nach den Verbrauchsorten, den Blättern, geschafft, wo sie, da nur reines Wasser verdunstet, zurückbleiben und beim Aufbau der organischen Substanzen verarbeitet werden. Dies dürfte der Hauptzweck der Transpiration sein, da

das Bodenwasser kaum mehr Aschenbestandteile enthält als reines Trinkwasser. Ueber die Wasserbewegung und die dabei tätigen Kräfte, welche das Wasser bis in die höchsten Baumwipfel emporheben (Wurzeldruck, Mitwirkung lebender Zellen durch Diffusion, Druck und Saugung, Imbibition, Kapillarität, Saugkraft der Transpiration und Kohäsion des Wassers) sind eine ganze Anzahl von Theorien aufgestellt worden, doch ist die Erscheinung bis dato noch keineswegs in völlig befriedigender Weise erklärt. Nur das ist durch Strasburgers Untersuchungen festgestellt, dass das Wasser auch ohne jegliche Mitwirkung lebender Zellen über 30 m. in Holzpflanzen aufsteigen kann.

Der Wassergehalt der Bäume geht mit dem Verbrauch und mit dem Bedürfnis nicht parallel; er beträgt, je nach Art und Individuum, zwischen 30 und 60% und schwankt auch, je nach Jahreszeit, bei der gleichen Holzart und dem gleichen Individuum innerhalb viel engerer Grenzen. Die Transpiration wird begünstigt durch grosse Blattfläche, dünne Cuticula, zahlreiche Spaltöffnungen, ferner durch Trockenheit und Wärme der Luft und ganz besonders durch den Wind; die starke Begünstigung der Transpiration durch das Licht wird durch den Einfluss desselben auf die Blattstruktur nahezu wieder aufgehoben. Die Transpiration wird herabgesetzt durch kleine Blattfläche, dicke Cuticula, benetzbare Oberfläche, spärliche, namentlich vertieft liegende Spaltöffnungen, durch Kälte der Luft wie des Bodens und namentlich durch hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Der Wasserverbrauch hängt indessen nicht nur von den die Verdunstung begünstigenden und hemmenden Faktoren, sondern auch von der Wasserzufuhr ab, indem bei reichlicher Wasserzufuhr sehr viel reichlichere Transpiration stattfindet als bei spärlicher, was die Regulierung des Wasserverbrauchs durch die Schliesszellen der Spaltöffnungen, die hier allein in Frage kommen kann, in schönster Weise illustriert. Die Transpiration der Nadelhölzer verhält sich zu der der Laubhölzer etwa wie 1:10 bei spärlicher, wie 1:6 oder 7 bei reichlicher Wasserzufuhr. Zur Bildung von 100 gr lufttrockener Blattsubstanz verbraucht nach den eingehenden Untersuchungen von v. Höhnels[7]) in runden Zahlen (als Durchschnittszahl von 3 Vegetationsperioden) Lärche und Linde ca. 100, Esche 85, Birke 81, Rotbuche 75, Hainbuche 73, Ulme 66, Bergahorn 58, Stiel- und Traubeneiche 54, Spitzahorn 53, Fichte 13$^1/_2$, Kiefer 9$^1/_2$, Tanne 7 und Schwarzkiefer 6$^1/_2$ Liter Wasser. Mit den Erfahrungen der Praxis, den Ansprüchen der einzelnen Holzarten an Bodenfeuchtigkeit, stimmen diese Versuchszahlen nicht durchweg, weil hier noch die flache oder tiefe Bewurzelung als sehr wesentliches Moment zu berücksichtigen ist und darum die sehr flachwurzelnde, nur die obersten Bodenschichten ausnützende Fichte hinsichtlich der Feuchtigkeitsansprüche vor der tiefer wurzelnden Eiche rangiert. Die absoluten Transpirationsmengen mögen gleichfalls an einem Beispiel von Höhnel erläutert werden. Eine grosse freistehende Birke, deren Krone ca. 30 □M. beschattete und 200000 Blätter trug, mit einem Frischgewicht von 21,4 Kilo (= rund 11 Kilo Trockengewicht), verdunstet an einem sehr heissen Tage 300—400 Liter, an einem Regentage vielleicht nur 8—10, im Durchschnitt 60—70 Liter pro Tag, in der ganzen Vegetationsperiode rund 9000 Liter. Ein Hektar 115jähriger Buchenhochwald verdunstet täglich 25000 bis 30000 Liter.

4. Die Aneignung des Kohlenstoffs. (Die Assimilation.)

§ 23. Der gesamte Kohlenstoff der grünen Pflanzen, der in einem Baumstamm

7) v. Höhnel, Ueber die Transpiration der forstl. Holzgewächse. Aus den Mitt. aus d. forstl. Versuchsw. Oesterreichs Bd. II. Heft 1 u. 3. 1879 u. 1880. 44 u. 24 p. 4⁰; Ders., Ueber d. Wasserbedürfnis d. Wälder (Centralb. f. d. ges. Forstw. 1884. p. 387—409).

ungefähr die Hälfte des Trockengewichtes ausmacht, stammt ausschliesslich von dem Kohlensäuregehalt der Luft ab, der relativ zwar sehr gering ist (0,033%), der aber vermöge der Diffusionsgeschwindigkeit der Gase in der Umgebung der assimilierenden Organe sofort nach Verbrauch wieder ersetzt wird. Die absolute Menge des Kohlenstoffs in der Atmosphäre ist eine sehr beträchtliche; man hat den Kohlensäuregehalt derselben auf ca. 3000 Billionen Kilo berechnet, was ca. 800 Billionen Kilo Kohlenstoff entspricht. Die Assimilation, die Synthese von Kohlehydraten aus Kohlensäure und Wasser, ist ein der Atmung direkt entgegengesetzter, in seinen Details noch nicht aufgeklärter physiologischer Prozess, bei welchem das Volumen des frei werdenden Sauerstoffs demjenigen der zerlegten Kohlensäure gleich ist. Die Spaltung der Kohlensäure findet nur in den grünen Zellen und nur bei Gegenwart von Licht statt; die rotgelbe Hälfte des Spektrums ist dabei weitaus am wirksamsten. Als erstes sichtbares Assimilationsprodukt wird Stärke in den Chlorophyllkörnern gebildet, der aber wohl zweifelsohne einfachere chemische Verbindungen vorausgehen. Die Chlorophyllkörner sind die Organe des lebenden Protoplasmas, welche ohne merkliche Abnutzung unter Benutzung der Energie der Sonnenstrahlen diese Synthese vermitteln. Die ansehnliche chemische Arbeit, welche hierbei geleistet wird, wird in Form von chemischen Spannkräften in den erzeugten Kohlehydraten aufgespeichert. Die äusseren Bedingungen der Assimilation sind: Licht, Wärme und genügende Zufuhr von Wasser und mineralischen Nährstoffen, die innern: ausgiebige Ableitung der Assimilate. Die gleichen Blattflächen bilden bei verschiedenen Holzarten und selbst bei verschiedenen Individuen der gleichen Art unter gleichen Bedingungen ungleiche Mengen von Assimilationsprodukten (spezifische Assimilationsenergie). Die Ursachen der letzteren liegen teils in der Zahl und Grösse der Chlorophyllkörner in der Zelle, teils in der reichlicheren oder spärlicheren Entwickelung des Durchlüftungssystems (Intercellularräume), jedenfalls aber auch in der energischeren oder minder energischen Tätigkeit der Chlorophyllkörner selbst, die wieder in engster Beziehung zu der spezifischen Struktur des Protoplasmas steht.

Der Lichtgenuss des einzelnen Blattes hängt sehr von seiner Stellung gegen das einfallende Licht, von der Stellung des Blattes in der Baumkrone und von der Lichtstellung des ganzen Baumes ab (Freistand, Randstand oder geschlossener Stand). Im Innern der Krone einer Buche im Buchenwald beträgt nach Wiesner[8]) der tatsächliche Lichtgenuss eines Blattes nur $^1/_{16}$ des gesamten Tageslichts an der Peripherie und er kann selbst bis $^1/_{100}$ herabgehen. Dazu kommt noch der Lichtverlust durch Reflexion an der Blattoberfläche. In dichtbelaubten Bäumen ist die Lichtintensität im Innern der Krone um Mittag am geringsten, weil da die transversal-heliotropisch gestellten Blätter das meiste Licht zurückhalten. Das Licht, welches ins Innere der Krone gelangt, ist zum grössten Teile nicht durch die Blätter hindurchgegangen, sondern durch die Lücken zwischen denselben; nur deshalb vermögen die Blätter im Innern der Krone überhaupt noch zu assimilieren, weil Licht, auch wenn es nur ein einziges Blatt passiert hat, für die Assimilationsarbeit zu sehr abgeschwächt ist. Bei derartigen Verhältnissen sind unsere Bäume auf mehr oder weniger abgeschwächtes, namentlich auf diffuses Licht abgestimmt. Solche Bäume, welche nur bei stärkerem Lichtgenusse gut gedeihen und sehr empfindlich gegen seitliche Beschattung (Seitendruck) und Beschattung von oben (Ueberschirmung) sind (Lärche, Kiefer, Birke, Aspe, Erle, Esche), nennt man Lichtholzarten, solche, die starke Beschattung ertragen

8) Wiesner, Der Lichtwuchs der Holzgewächse (Centralb. f. d. ges. Forstw. 1897. 14 p. 8⁰).

(vor allem Buche und Tanne, einigermassen auch Fichte, Weissbuche und Linde) Schattenholzarten. Je günstiger übrigens die Standorts- und Bodenverhältnisse sind, desto höher ist im allgemeinen auch das Schattenerträgnis der einzelnen Holzarten und umgekehrt. Wenn der bessere Standort bei gleichen Beleuchtungsverhältnissen mehr Holzmasse produziert als der geringere, so hat dies nach Th. Hartig seinen Grund darin, dass auf letzterem die Blätter mangels genügender Nährsalzzufuhr nicht mit voller Energie arbeiten.

5. Stoffwandlungen und Stoffwanderungen.

§ 24. Die Ableitung der Assimilate aus den Blättern, wobei die Stärke, um diffusionsfähig zu werden, stets in Zucker verwandelt wird, und dieser, um die Diffusion im Gange zu erhalten, vorübergehend in den aufnehmenden Zellen wieder zu Stärke wird (Wanderstärke), wird durch Wärme sehr begünstigt; an sehr heissen Tagen kann es darum gelegentlich überhaupt nicht zur normalen Stärkeanhäufung in den Blättern kommen. In der Nacht entleeren sich die Blätter völlig von Stärke. Wahrscheinlich werden aus den assimilierten Kohlehydraten und den aufgenommenen Nährsalzen schon in den Blättern Eiweissverbindungen und andere organische Substanzen gebildet, die übrigens ihrer Entstehung nach vom Lichte unabhängig, zum Teil auch in den Wurzelzellen, in der Rinde und im Cambium gebildet werden können, wie denn von den grünen Rindenzellen selbstverständlich auch assimiliert wird. Die Eiweisskörper müssen, um wasserlöslich und diffusionsfähig zu werden, in Amide umgewandelt werden; nur in den Siebröhren können die Eiweisskörper als solche wandern. Durch die Siebteile der Blattnerven wandern die Assimilate und Eiweisskörper in die Rinde und hier abwärts bis zu den Wurzeln, um diesen und dem Cambium die nötigen organischen Baustoffe zu liefern. Den Beweis für diese Abwärtswanderung in der Rinde liefern Ringelungsversuche, bei welchen an geringelten Stämmchen unterhalb der Ringelungsstelle, die die abwärtswandernden Assimilate nicht überschreiten können, jegliches Dickenwachstum unterbleibt, während es oberhalb derselben, wo sie sich stauen, um so kräftiger einsetzt. Von diesen, den Längsachsen der Organe parallelen Hauptbahnen dieser Stoffwanderung, gehen überall an der Rinde Nebenbahnen senkrecht ab (die Markstrahlen), welche die Baustoffe dem Cambium und dem Holze zuführen. Was für Atmung und Wachstum nicht verbraucht wird, speichern die lebenden Zellen der Rinde, die Markstrahlen und Holzparenchymzellen in Zweigen, Stamm und Wurzel als Reservestoffe für späteren Bedarf auf. Das Mark selbst ist bei unseren Holzgewächsen gewöhnlich stärkefrei, während die lebenden Elemente von Holz und Rinde im Herbste vollgestopft von Stärke zu sein pflegen (ausgereiftes Holz!) Aber schon im Spätherbst findet in der Rinde eine Auflösung der Stärke und Umwandlung in Zucker, zum Teil auch eine Auswanderung in das Holz statt, während, wie schon früher erwähnt, die Stärke im Holze vieler Weichhölzer vor Eintritt des Winters in fettes Oel verwandelt wird. Im Frühjahr, schon ca. Anfang März, wird die Stärke wieder regeneriert, dann in Zucker umgewandelt und gelangt als solcher mit anderen löslichen organischen Substanzen in die eigentlichen Wasserbahnen des Holzes, die Gefässe und Tracheiden (Blutungssaft), um rasch nach den Verbrauchsorten aufwärts geschafft zu werden und (im April und Mai) das Baumaterial für das Austreiben der Knospen zu liefern. Der grösste Teil der Reservestoffe im Holze wird übrigens für die Samenbildung aufgespeichert; so sind bei der Eiche die lebenden Zellen des Splints voll von Stärke, desgleichen bei der Rotbuche die 20 äussersten Jahresringe und dann, mit abnehmendem Reservestoffgehalt, noch ca. 30 weitere Ringe. Nur die Stärke der

beiden äussersten Ringe erfährt beim Austreiben der Triebe und Blätter eine Verminderung, die aber schon im Herbste wieder ausgeglichen ist. Ein volles Samenjahr verbraucht die ganzen im Holze der Buche aufgespeicherten Reservestoffe bis auf Spuren und Hartig macht die mehr oder weniger häufige Wiederkehr der Samenjahre bei der gleichen wie bei verschiedenen Holzarten von der Schnelligkeit abhängig, mit welcher sich die Reservestoffbehälter wieder füllen.

Die ziemlich allgemein verbreitete Ansicht von der herbstlichen Entleerung der Blätter, der Auswanderung von Kali und Phosphorsäure, der wertvollsten Aschenbestandteile kurz vor dem Laubfall, ist irrig und beruhte, wie Wehmer gezeigt hat, auf einer falschen Auslegung der Aschenanalysen. Es wurde nämlich eine solche Auswanderung aus der Abnahme des Prozentgehaltes der Reinasche an Kali und Phosphorsäure im Oktober und namentlich im November herausgelesen, während der absolute Gehalt von 1000 Blättern an Kali und Phosphorsäure, der hier allein massgebend sein kann, unter Berücksichtigung der Auslaugung, welche das abgestorbene Blatt schon am Baume und noch mehr nach dem Laubfall durch Regen und Tau erfährt, keine nennenswerte Abnahme aufweist.

6. Das Wachstum.

§ 25. Die 3 Phasen des Wachstums: embryonales Wachstum (und Organbildung), Streckung und innere Ausbildung sind, ebenso wie das sekundäre Dickenwachstum, der Hauptsache nach schon in früheren Paragraphen erledigt worden. Nur bezüglich der Neubildung von Organen sei hier noch kurz auf die Adventivbildungen eingegangen, die namentlich aus Ueberwallungswülsten (bei Stecklinge und Stockausschlag) sowie aus verletzten und unverletzten Wurzeln (Wurzelbrut) entstehen können. Bei solchen Neubildungen zeigt sich eine Korrelation, d. h. eine gegenseitige Beziehung der Organe im gestaltenden Wachstum, indem vorzugsweise solche Organe gebildet werden, welche verloren gegangen sind oder welche, wie die assimilierenden Sprosse, für weitstreichende und namentlich für verletzte Wurzeln gefährdet erscheinen. Zugleich zeigt sich bei der Anlage dieser neuen Organe auch eine innere Polarität des Mutterorgans, die von Sachs, Vöchting und Göbel studiert wurde. Wir können nämlich an jedem Steckling, an jedem Wurzelstück einen Spross- und einen Wurzelpol unterscheiden. Bei Stecklingen entstehen stets am morphologisch oberen (vorderen) Ende Sprosse, am unteren Wurzeln, bei Wurzeln umgekehrt am hinteren dem Mutterorgan zugewendeten Ende Sprosse, an dem der Wurzelspitze zugewendeten aber Wurzeln. Verkehrt eingesteckte Stecklinge wachsen nicht oder nur schlecht an. Ebenso sind bei Veredelungen nur ungleiche Pole zu normaler Vereinigung zu bringen. In ähnlicher Weise existiert bezüglich radialer und tangentialer Richtung auch eine seitliche Polarität.

In jeder Pflanze wird erheblich mehr organische Substanz produziert, als zum Wachstum Verwendung findet, weil bei der Atmung ein Teil derselben ja wieder zerstört wird. Das Wachstum ist nach Schnelligkeit, nach Dauer und nach Wuchsrichtung von inneren wie von äusseren Faktoren abhängig, unter letzteren namentlich von genügender Wasser- und Nahrungszufuhr, von Gegenwart von Sauerstoff (Atmung), von Schwerkraft, Licht, Wärme, Luft- und Bodenfeuchtigkeit. Die Dauer des Wachstums ist aus inneren Ursachen entweder begrenzt: Blätter, Blüten, Kurztriebe oder (theoretisch) unbegrenzt: bei den meisten Langtrieben. Die Schnelligkeit des Wachstums ist nach Art und Individuum verschieden (spezifische und individuelle Wachstumsenergie.) Nach dem zeitlichen Verlauf

des Wachstums unterscheidet man eine grosse Wachstumsperiode, bei welcher unter gleichen äusseren Bedingungen die Wachstumsgrösse mit kleinem Zuwachs beginnt, bis zu einem Maximum anschwillt und dann allmählich bis auf 0 sinkt und eine kleine oder tägliche Wachstumsperiode, welche unter dem Einflusse der sich ändernden äusseren Bedingungen auftritt.

Bei jedem Baume haben wir eine grosse Periode des Längen- und des Dicken-(Flächen-)wachstums zu unterscheiden. Im Wesen der grossen Periode liegt es, dass die Wachstumsenergie sich mit dem Alter eines Individuums ändert; auch verläuft die grosse Periode im Stamm anders als in den Seitenästen. Die Wachstumsenergie ist in der Jugend bei allen Holzarten im Leittrieb grösser als in den Seitenzweigen. Das kann dauernd so bleiben (Fichte); es kann später die Wachstumsenergie des Leittriebs rascher abnehmen als diejenige der Aeste, so dass beide annähernd gleich werden, wie bei der ca. 100—120 Jahre alten Kiefer, deren Krone sich schirmförmig abwölbt, sowie bei vielen Laubhölzern; es kann aber auch die Wachstumsenergie der obersten Seitenzweige schliesslich grösser werden als die des Leittriebs (Storchennest bei der alten Weisstanne). Ebenso existiert hier zweifellos eine Korrelation der Organe und Störung dieser Korrelation wie z. B. Entfernung des Gipfels einer Conifere ändert die Wachstumsenergie und Wuchsrichtung der obersten Aeste (Kandelaberbaum). Bei gleichen Standortsverhältnissen erreichen die meisten Holzarten (besonders auffallend die Kiefer und Buche) im Schlusse eine beträchtlichere Höhe als im Freistand, obwohl sie hier reichlicher assimiliert, was auf eine Beeinflussung des Höhenwuchses durch Korrelationen und durch äussere Faktoren (Wind, Luftfeuchtigkeit) hinweist. Die Steigerung des Flächenzuwachses steht nach Frank Schwarz bei der Kiefer mit der Energie des Längenwachstums insofern in einem gewissen Zusammenhang, als die rascheste Zunahme bei beiden zeitlich zusammenfällt, so dass wohl die gleichen Faktoren, welche das Längenwachstum beeinflussen, auch für die Steigerung des Dickenwachstums von Einfluss sind. Der Massenzuwachs erreicht dagegen, unterdrückte Bäume ausgenommen, sein Maximum viel später als der Höhenwuchs.

7. Die Reizbewegungen.

§ 26. Alle Organe des Baumes hängen an ihrer Basis mit anderen Pflanzenorganen zusammen und die Bewegungen, welche sie etwa ausführen, können darum nur Krümmungsbewegungen sein. Die Wuchsrichtung, welche die jungen Organe einschlagen, die Stellung, welche sie im fertigen Zustande einnehmen, ist keine zufällige, sondern eine fast stets von äusseren Faktoren, die als Reize wirken, abhängige. Dies setzt aber eine reizbare Struktur des Protoplasmas voraus, die wir uns gleichfalls als eine polare vorstellen müssen. Es handelt sich hier um keine einfache Abhängigkeit von äusseren Kräften, sondern die Reizwirkung besteht nur in der Auslösung bestimmter Wachstumsvorgänge, wobei verschiedene Organe unter dem Einfluss der gleichen Kraft ganz verschiedene Stellungen einnehmen, was man Anisotropie nennt, bei welcher sich die gleichen Korrelationen, die wir im vorigen Paragraphen kennen lernten, geltend machen. Der Ort der grössten Reizempfindlichkeit des Organs kann von dem Orte wahrnehmbarer Reizwirkung mehr oder weniger entfernt sein, da eine Fortleitung des Reizes von der Empfängnisstelle stattfindet, z. B. von der Wurzelspitze zur Krümmungsstelle.

Die Reizbewegungen bringen die Pflanzenorgane in die passendste Stellung zu ihrer Umgebung, z. B. Wurzel und Spross bei keimenden Samen. „Die Pflanze verwendet ihr Gefühl für den Reiz, z. B. die Schwerkraft,

in einer Weise zum eigenen Vorteil, die nur mit der intelligenten Handlung eines Tieres, nicht aber mit der Anziehung von Feilspähnen durch den Magneten verglichen werden kann" (Reinke, Theoretische Biologie). „In dem geotropischen Verhalten einer Wurzel gibt sich nicht weniger ein zweckmässig handelnder Egoismus zu erkennen, als in der von ihr getroffenen Auswahl der Nährstoffe aus dem Substrat."

Die Befähigung der Pflanzenorgane zu solchen Wachstumskrümmungen wird je nach der Natur des Reizes, von denen Licht und Schwerkraft weitaus die wichtigsten sind, Helio- oder Geotropismus genannt. Von minder wichtiger Bedeutung sind Hydro-, Chemo-, Aero-, Thermotropismus u. a. Stellt sich ein Organ in die Richtung des Reizes, so wird es orthotrop und positiv oder negativ heliotropisch etc. genannt, je nachdem es nach der Reizquelle zu, oder von derselben weg wächst; nimmt es eine schiefe Stellung ein, so heisst es plagiotrop, z. B. Seitenzweige und Seitenwurzeln; ein Spezialfall letzterer Stellung ist die transversale, z. B. bei unseren meisten Laubblättern.

Die Zone der Streckung ist diejenige Stelle, an welcher die Reizkrümmungen am raschesten und leichtesten ausgeführt werden; doch können sich auch ausgewachsene Organe noch krümmen, wie Blattstiele, oder mehrjährige Zweige, deren lebendes Cambium reizbar geblieben ist. Jedes Organ nimmt unter dem Einfluss des Lichtes und der Schwerkraft bei ungehinderter Entwicklung diejenige Stellung ein, welche unter den gegebenen Verhältnissen der Ruhelage seiner reizbaren Struktur entspricht. Jede Aenderung, infolge deren der Reiz das reizbare Organ in einer anderen Richtung trifft, als seiner Ruhelage entspricht, löst eine neue Reizbewegung aus. Der Verlauf einer solchen Bewegung ist von der Wachstumsenergie, der Reizempfindlichkeit (Alter) des Organs und der Abweichung von der Ruhelage abhängig. Wie verwickelt die Verhältnisse der Reizbewegung sind, geht u. a. daraus hervor, dass heliotropische Bewegungen im dunkeln oft noch längere Zeit fortgeführt werden (heliotropische Nachwirkung.)

Das Licht wirkt übrigens auch noch in anderer Weise, wie Wiesner und Jost gezeigt haben, indem es die Knospen weckt, die besser beleuchteten Zweige fördert (Phototrophie) und so die Organe vornehmlich zur Entwickelung bringt, welche die vorteilhafteste Lichtstellung einnehmen. Für den Baum ist darum die Phototrophie viel wichtiger als der Heliotropismus.

Die windenden Stämme, wie Lonicera, schlingen mittelst Lateralgeotropismus, der zunächst eine Flanke des sich streckenden Sprossendes reizt und diese zu langsamerer, die gegenüberliegende Seite zu stärkerem Wachstum veranlasst; dadurch wird, da immer neue Partien des reizbaren Sprossendes durch diese Bewegung in die reizbare Flankenstellung kommen, die Stütze in lockeren Windungen umschlungen. Später kommt dann negativer Geotropismus hinzu, der die Windungen aufrichtet und an die Stütze fest anpresst. Das Schlingen der Ranken (Ampelopsis) und kletternden Blattstiele (Clematis) dagegen erfolgt durch Berührungsreiz, indem die junge Ranke, der junge Blattstiel infolge der Berührung mit einer rauhen Stütze an der Berührungsstelle langsamer, an der gegenüberliegenden Seite rascher wächst und so die Stütze fest umwindet. Bei der Ranke pflanzt sich der Reiz auch nach den älteren Teilen fort und veranlasst deren spiralige Aufrollung und die Ausbildung mechanischer, verholzter Gewebe.

Die Schlafbewegungen, wie sie z. B. die Blätter der Robinie zeigen, sind keine Wachstumsbewegungen, sondern beruhen auf Turgoränderungen in der oberen und unteren Hälfte der Blattstielpolster, für welche Licht und Dunkelheit als Reize wirken.

IV. Die allgemeinen Bedingungen des Baumlebens.

§ 27. Genügende Wasserversorgung ist ausser hinreichender Wärme zur Vegetationszeit und geeigneten Bodenverhältnissen die massgebende Bedingung für die Ermöglichung des Baumwuchses, den wir als die vollkommenste Stufe der pflanzlichen Organisation ansehen. Schimper teilt nach den Einrichtungen für Wasseraufnahme und -Abgabe die Pflanzen in drei, natürlich durch Zwischenstufen verbundene Klassen ein: 1. Xerophyten (ξερός = trocken), die Bewohner physiologisch trockener Standorte, d. h. Gewächse mit erschwerter Wasserversorgung, einerlei ob dieselbe durch Trockenheit des Bodens oder durch Kälte, hohen Salzgehalt etc. bei nassem Boden bedingt ist; die Struktur solcher Pflanzen ist vornehmlich auf eine Verminderung der Wasserabgabe eingerichtet; 2. Hygrophyten, die Bewohner physiologisch nasser Standorte, welche die Gefahr des Vertrocknens ausschliessen; bei diesen Gewächsen finden wir Einrichtungen, welche die Wasserabgabe begünstigen und 3. Tropophyten (τροπή = Wechsel), deren Existenzbedingungen, je nach Jahreszeit, diejenigen der Xerophyten oder die der Hygrophyten sind. Die Mehrzahl unserer Bäume, vor allem die winterkahlen Arten, sind Tropophyten, d. h. in der Vegetationszeit Hygrophyten, während der winterlichen Ruhezeit im entlaubten Zustande Xerophyten, überall abgeschlossen durch Kork und dicke Cuticula; unsere sommergrünen Bäume haben hygrophile Laubblätter, aber xerophile Achsen und Knospenschuppen. Ein ächter Xerophyt dagegen ist unsere Kiefer. Von diesen drei Klassen sind Xerophyten und Tropophyten zweifellos nachträgliche Anpassungserscheinungen; darum stellen die Existenzbedingungen unserer mitteleuropäischen Wälder nur einen Spezialfall, freilich den für uns wichtigsten, des Baumlebens dar, sind aber für ein tieferes Verständnis des letzteren nicht ausreichend. Die Verhältnisse, unter denen die winterkahlen Laubhölzer und die Lärche sowie die immergrünen Coniferen bei uns leben, sind keine primären mehr, denn die Geologie lehrt uns, dass der Wechsel der Jahreszeiten und die Sonderung in klimatische Zonen Erscheinungen verhältnismässig jungen Datums sind, die sich erst im Laufe des nur ca. 3% der „organischen Erdgeschichte" umfassenden Tertiärs entwickelten. In der Zeit von Kreide, Jura und Trias und noch früher existierten diese Zonenunterschiede nicht; damals herrschte, nach den Versteinerungen zu schliessen (z. B. Palmen in Grönland!), vom Aequator bis zu den Polen ein gleichmässig warmes und feuchtes Klima. Mit der fortschreitenden Abkühlung der Erde an den Polen und der im Beginn des Quartärs eingetretenen Eiszeit bildeten sich die klimatischen Zonen, mit welchen die für die heutige Verteilung der Pflanzen- und Tierwelt massgebenden Wanderungen und Anpassungen (Winterruhe, Fixierung des Laubausbruchs, der Blütezeit etc. für bestimmte günstige Zeitpunkte) verknüpft sind. Ursprüngliche Verhältnisse, soweit wir heute noch von solchen sprechen können, finden wir nur noch in den Tropen und zwar speziell im sog. tropischen Regenwalde, wo hohe und gleichmässige Wärme, hohe Lichtintensität, sehr reichliche (2—4 m pro Jahr) und gleichmässig verteilte Niederschläge, grosse Luftfeuchtigkeit, die sich in der Nacht und in den Morgenstunden der Sättigung nähert, auf fruchtbarem Boden eine ungemeine Ueppigkeit des Baumwuchses entwickeln und das Bild hervorrufen, das man sich gewöhnlich unter dem Namen „Urwald" vorstellt, obwohl dieser Begriff jeden ursprünglichen, sich selbst verjüngenden und von Eingriffen des Menschen leidlich unberührten Wald umfasst. Der tropische Regenwald ist ein Etagenwald, der sich bei allem Streben nach dem Licht durch möglichst weitgehende Ausnützung des Raumes auszeichnet, in dem die Stämme und Aeste bis in die Zweigspitzen mit zahllosen grünen Epiphyten besetzt

und oft förmlich unter denselben versteckt sind und alle Bäume durch ein mächtiges Gewirr dünn- und dickstämmiger Schlingpflanzen (Lianen) zusammenhängen, in dem, wenigstens an den lichteren Stellen, der Boden ein reiches Unterholz und zahlreiche grossblätterige Kräuter trägt, so dass der ganze Wald vom Boden bis zum Gipfel eine dichte Laubmasse bildet. Viele Bäume entbehren hier der festen Blütezeit etc. und blühen und fruchten, bald reichlicher, bald spärlicher das ganze Jahr. Die Zahl der Gattungen und Arten von Holzpflanzen ist sehr viel grösser und erstreckt sich über zahlreiche Familien, von denen wir nur Kräuter kennen. Der Wechsel in der Gestalt der meist viel ärmlicher verzweigten Baumkronen, die Unterschiede in der Form und Stärke der Stämme, in Form, in Grösse und Färbung der Blätter sind sehr viel weitgehender und zahlreicher als bei uns. Das Profil eines solchen Waldes ist nicht eben, sondern zackig, entsprechend einer durchschnittlichen Baumhöhe von ca. 40—60 m, die Färbung der Oberfläche, von einer Bergspitze gesehen, ist nicht gleichmässig wie bei uns, sondern bietet ein wahres Farbenmosaik. Von diesem Bilde üppigster Fülle und kräftigsten Wuchses weichen eine ganze Anzahl von Waldformationen ab, die einer mehr oder weniger weitgehenden Verschlechterung der klimatischen Bedingungen ihren Charakter verdanken, grundverschieden sowohl unter einander, wie von unseren Wäldern: so die Farn-, die Bambusa-, die Palmenwälder der Tropen, so der subtropische und temperierte Regenwald (in Südchile z. B. mit nur 2—7° jährlicher Wärme), ferner der immergrüne Nadelwald ohne Winterruhe, der subtropische immergrüne Laubwald, ferner die durch hohen Salzgehalt des Bodens bedingten Formationen, wie Mangrovenwälder (tropische Küsten-Sumpfwälder), tropische Strandwälder, und die blattlosen Halophyten Centralasiens, endlich die durch trockenheisses Klima bedingten xerophytischen Laubwaldungen (sommerkahl und regengrün: die tropischen Laubwälder des Sudans mit Akazien und Baobab oder die Catingas Brasiliens mit Fassbäumen, Säulencacteen und Dorngebüsch, die fast 6 Monate blattlos sind und ihre Stämme z. T. zu mächtigen Wasserbehältern ausgebildet haben), so die blattlosen Casuarinawälder Ostjavas und der Sundainseln oder die schattenarmen, immergrünen Eucalyptuswälder Australiens (Grasland mit riesigen Bäumen, deren Kronen sich in der Regel nicht berühren) u. a. m. Diese kurzen Bemerkungen mögen genügen, um die ausserordentliche Verschiedenheit der äusseren Bedingungen, unter welchen auf unserer Erde ein Baumwuchs möglich ist, anzudeuten und ebenso ist es bekannt, dass das winterkahle Laubholz und das immergrüne Nadelholz innerhalb zum Teil sehr weiter klimatischer Grenzen waldbildend gedeiht. Dabei sind freilich auseinander zu halten die Bedingungen, welche es dem Baumwuchs gestatten, das Leben im Sommer eben noch zu fristen, womit dem praktischen Forstmann wenig gedient ist, und die Bedingungen, welche möglichst günstige, d. h. ausgiebige Zuwachsverhältnisse gewähren, was für ihn die Hauptsache ist, was von Holzart zu Holzart wechselt und ausserhalb unseres Rahmens fällt. — Bei aller Verschiedenheit im Einzelnen sind diesen so grundverschiedenen Klassen von Waldungen doch einzelne Momente gemeinsam[9]). Der Baum befindet sich mit seiner assimilierenden und transpirierenden Oberfläche in grösserer Entfernung von den Wasservorräten des Bodens als der Strauch oder das Kraut; er vermag dieselben aber mittelst seines, wo es nötig, sehr tief gehenden Wurzelsystems in viel vollkommenerer Weise auszunutzen und braucht darum vor allem einen beständig feuchten Untergrund, wobei es zwar nicht für die einzelne Art, aber für das Baumleben an sich gleichgiltig ist, ob die Bodenfeuchtigkeit vom Regen oder Schnee oder von irdischem Gewässer herrührt, ob die Niederschläge häufig oder selten, ob sie wäh-

9) Weitere Details über Gehölzeklima vergl. Schimper, Pflanzengeographie.

rend der Vegetations- oder während der Ruheperiode fallen. Je höher die Temperatur, desto höher das Wasserbedürfnis; während in den Tropen der hygrophile Baum mindestens 150 cm jährliche Regenmenge erfordert, begnügt er sich in kühleren temperierten Gebieten mit ca. 60 cm.

Grosse hygrophile Bäume bedürfen im belaubten Zustande einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80%, die nur wenige Stunden des Tages auf 60% sinken darf, während Xerophyten einige Zeit lang sogar 30% ertragen. Der Wind bedingt eine mächtige Zunahme der Transpiration und trockene und darum bei Frostwetter besonders stark austrocknende Winde sind es, wie Kihlmann gezeigt hat, die dem Baumwuchs in polaren Gegenden eine Grenze setzen, ganz ähnlich wie im Hochgebirge; was jenseits der Baumgrenze über die winterliche Schneedecke emporragt, vertrocknet. Spezielle Schutzvorrichtungen gegen Kälte gibt es nicht; die Widerstandsfähigkeit sehr niederen Temperaturen gegenüber ist eine spezifische Eigenschaft des Plasmas mancher Pflanzen. Alles, was man als solche Schutzeinrichtungen gedeutet hat, wie dicke Cuticula, Korkbildungen, Knospenschuppen, ist als Schutz gegen Trockenheit aufzufassen und die kältesten Orte der Erde Jakutsk (—62° C.) und Werchojansk (—64°) liegen — im sibirischen Waldgebiet! Sie lehren uns, dass genügende Wärme und Luftfeuchtigkeit zur Vegetationszeit ein Baumleben ermöglichen, gleichgiltig, wie tief die Wintertemperaturen sinken. So hat das eben erwähnte Werchojansk folgende mittlere Monatstemperaturen: Oktober —18,1, November —39,7, Dezember —48,4, Januar —51,5, Februar —46,2, März —35,2, April —15,8, Mai —1,1 und Juni +9,4, Juli +15,6, August +9,3 und September +0,4.

Dem Optimum des Gehölzeklimas entspricht der hygrophile Baum, den geringeren Graden des Gehölzeklimas in absteigender Reihe der tropophile, der xerophile und das Niederholz. Baumfeindlich ist in höheren Breiten ein Klima mit trockenem Winter, in dem die Transpirationsverluste nicht gedeckt werden können.

V. Die Baumgestalt und ihre Ursachen.

§ 28. Die sehr verschiedenen Höhen, welche die einzelnen Baumarten unter gleichen äusseren Verhältnissen und in der gleichen Zeit erreichen, der verschiedene Gang der grossen Wachstumsperiode von Stamm und Aesten bei der gleichen Holzart, die Grundform und Durchschnittsgrösse der einzelnen Organe, die Verzweigungsweise und Stärkeverhältnisse der Aeste und die Wuchsrichtung der Zweige, die Länge der Jahrestriebe, das Verhältnis von Lang- und Kurztrieben, die Blattstellung, der mehr oder weniger regelmässige Aufbau der Krone sind angeborene Eigenschaften und Merkmale, die von inneren Ursachen, von der spezifischen Molekularstruktur des Protoplasmas abhängen. Sie bedingen in ihrer Gesamtheit das, was wir als den Habitus einer Holzart bezeichnen, der natürlich auf den verschiedenen Altersstufen unserer Bäume mehr oder weniger verschieden ist. Als Physiognomie der Bäume[10]) habe ich die Modifikation dieser einzelnen Eigenschaften durch äussere Kräfte bezeichnet, unter denen Licht, Schwerkraft, Luft- und Bodenfeuchtigkeit, der Wind, Schneedruck und mancherlei Beschädigungen durch Naturgewalten, sowie durch Eingriffe von Tieren und von Menschenhand die Hauptrolle spielen. Vor allem ist die räumliche Stellung des Baumes von weitgehender Bedeutung für die Wirkung der genannten äusseren Faktoren, der freiständige Baum und der Baum im Schlusse verhalten sich in vielen

10) L. Klein, Die Physiognomie der mitteleuropäischen Waldbäume. Karlsruhe 1899. 26 p. 10 Tafeln 8°.

Punkten wesentlich verschieden. Der Baum im Freistand ist in der Regel kurzschäftig, abholzig und vollkronig, der im Schlusse erwachsene dagegen langschäftig, vollholzig und armkronig, entsprechend den viel günstigeren Beleuchtungs- und Ernährungsverhältnissen im Freistand und den ungünstigeren im Schlusse, weshalb die unteren Aeste hier viel früher und viel weiter hinauf als im Freistand aus Lichtmangel absterben und dann von den Atmosphärilien und von Pilzen zerstört werden; der Baum „reinigt sich" von Aesten. Auf der anderen Seite wird der Baum im Freistande von dem Winde ganz anders in Anspruch genommen und muss darum bei seiner hier viel grösseren Krone auch viel grössere Stärke erhalten, da er, wie Metzger[11]) gezeigt hat, in allen Teilen stets als Träger gleichen Widerstandes gegen Bruch ausgebildet wird. Je feuchter die Luft, je günstiger der Lichtzutritt, desto weiter reicht die Krone beim Baume im Freistand herab, je breiter und schattender die Krone, desto höher reinigt sich der Schaft im allgemeinen auch im Freistande von Aesten unter Berücksichtigung des Lichtbedürfnisses überhaupt (Licht- oder Schattenholz). In der Krone bleibt von den zahlreichen Jahrestrieben, die sich jeweils im Frühjahr aus den Knospen entfalten, nur ein sehr bescheidener Teil im Laufe der Jahre am Leben, während die Mehrzahl aus Lichtmangel abstirbt; die so entstehende „physiologische Zweiganordnung" kann die ursprüngliche morphologische später völlig verdecken. Einseitige Beleuchtung ruft eine stärkere Kronenentwickelung auf der Lichtseite hervor (Randbäume) und wirkt bei manchen Bäumen auch auf die W u c h s r i c h t u n g der Aeste, die sich unter dem Einflusse des Hinterlichtes sehr viel steiler aufrichten, als unter dem des viel intensiveren Vorderlichts.

Von weitgehendem Einflusse auf die individuelle Baumphysiognomie ist ferner der W i n d , insofern er teils mechanisch, teils austrocknend auf die Krone wirkt, bald p e i t s c h e n d und sog. „Fahnenwuchs" = einseitige Kronenentwickelung, bald s c h e e r e n d und die ihm zugekehrte Hälfte oder, in Hochlagen, die Gipfel der Krone zerstörend, bald d r ü c k e n d und den Stamm in nachgiebigem Boden schief legend. S p ä t f r ö s t e in Frostlöchern und V e r b i s s durch Wild und Weidevieh (Ziegen, Rindvieh) verändern die Gestalt der jungen Holzpflanze oft von Grund aus (Gaistannli, Kuhbuche), indem im Frühjahr oder Winter sämtliche oder fast sämtliche Langtriebe kurz über ihrer Basis abgefressen werden, dann an Stelle jedes Langtriebes mehrere kurze Ersatztriebe gebildet werden und die ganze Pflanze so eine dichtbuschige halbkugelige oder kegelförmige Gestalt bekommt und nur ganz langsam an Grösse zunimmt, bis, nach Jahrzehnten, ein oder einige Triebe den Tieren aus dem Maule gewachsen sind und sich fortan normal weiter entwickeln. Beeinflusst wird die individuelle Baumgestalt endlich durch Ersatztriebe (S e k u n d ä r w i p f e l), wie sie namentlich bei Coniferen, teils spontan, teils nach Gipfelverlust entstehen und die sog. Candelaberbäume hervorrufen, und selbstverständlich durch g r o b e m e c h a n i s c h e V e r l e t z u n g e n überhaupt, sei es durch Naturgewalten wie Wind und Schneebruch, Schneedruck u. dergl. oder durch Eingriffe des Menschen, wie Aufschneiteln, Köpfen oder auf den Stock setzen.

2. Die einzelnen Holzarten[12]).

A. Die Nadelhölzer.

§ 29. Unter den Nadelhölzern können nur 4 Gattungen P i c e a (Fichte), A b i e s

11) M e t z g e r , Der Wind als massgeb. Faktor f. d. Wachstum der Bäume. Mündener forstl. Hefte III. 1893, vergl. auch V und VI. 1894.

12) Die Anordnung und Benennung der einzelnen Familien folgt dem von Engler verbesserten natürlichen System, wie das z. B. in Engler's Syllabus oder im Prantl-Pax'schen

(Tanne), Larix (Lärche) und Pinus (Kiefer) Anspruch auf hervorragende forstliche Bedeutung machen und von den 3 ersten derselben jeweils sogar nur eine einzige Art, während unter den Kiefern neben der gemeinen Kiefer auch die Schwarzkiefer und die Weymouthskiefer solche Ansprüche erheben dürfen. Demgemäss sollen in der nachfolgenden Darstellung diese wichtigsten Nadelholzbäume besonders eingehend charakterisiert werden. Alle andern im deutschen Walde vorkommenden Nadelhölzer werden entsprechend ihrer geringeren Bedeutung sich mit einer viel knapperen Charakteristik begnügen müssen und endlich sollen die wesentlich nur in Garten- und Parkanlagen angepflanzten ausländischen aber bei uns einigermassen winterharten Fichten, Tannen und Kiefern in allen wichtigeren, beziehungsweise durch hervorragende Schönheit ausgezeichneten Arten, namentlich auch, soweit sie zu forstlichen Anbauversuchen herangezogen wurden — aber mit Ausschluss der zahlreichen gärtnerischen Spielarten — hier aufgezählt und kurz beschrieben werden. Bei der Beschreibung der einzelnen Arten ist ausser den systematisch wichtigsten Merkmalen, welche uns der Bau der Zapfen liefert, vor allem auf solche Merkmale vegetativer Natur Wert gelegt worden, welche uns in den Stand setzen, auch beim Fehlen der Zapfen die einzelne Art, soweit dies möglich, mit Sicherheit und Leichtigkeit zu bestimmen. Die Länge der Nadeln variiert übrigens bei vielen Coniferen, von Varietäten ganz abgesehen, ausserordentlich je nach der Stellung am Baum, dem Alter des Baumes, den Standortsverhältnissen und Ernährungsbedingungen und die gleiche Pflanze trägt oft, je nach Jahrgang, Nadeln von sehr verschiedener Länge.

Mit Ausnahme von Taxus gehören alle unsere Nadelhölzer der Familie Pinaceae an, welche durch den Besitz von Zapfen ausgezeichnet ist und bei uns durch 3 Tribus Abietineae, Taxodieae und Cupressineae vertreten ist.

1. Tribus Abietineae.

Nadeln, Staub- und Fruchtblätter spiralig angeordnet; Fruchtblätter tief 2teilig (Frucht- und Deckschuppe) Pollen meist mit Flugblasen.

Die Fichten (Picea).

§ 30. Die Gattung ist im wesentlichen durch folgende Merkmale gekennzeichnet: Die „Zapfen“ stehen an der Spitze vorjähriger Zweige, zur Blütezeit aufrecht, bald nachher hängend. Nach der Samenreife zerfallen sie nicht, sondern bleiben noch lange Zeit an den Zweigen hängen und fallen später als Ganzes ab. Die Fruchtblätter sind flach und fast bis zur Basis gespalten in die aussenstehende schmale und kleine „Deckschuppe“, welche bis zur Samenreife verkümmert und in die innen stehende, scharfkantige „Fruchtschuppe“, die zur Reifezeit lederig ist. Die zahlreichen männlichen Blüten stehen zerstreut an vorjährigen Zweigen, achsel- oder endständig. Die Pollensäcke springen mit Längsspalt auf. Die Pollenkörner besitzen, wie bei den Tannen und Kiefern, seitlich je eine grosse Flugblase. Die Samenreife ist einjährig. Die Samen sind klein, geflügelt und lösen sich stets ganz von dem Flügel ab, welcher sie löffelartig deckt. Sämtliche Triebe sind Langtriebe, an denen die mehrjährigen Nadeln einzeln auf Blattkissen stehen, welche aus

---

Lehrbuche, ausführlich in den „Natürlichen Pflanzenfamilien“ dargestellt ist. Von einer Uebersicht über das natürliche Pflanzensystem musste hier abgesehen werden, weil zu viele grosse und wichtige Pflanzenfamilien, wie z. B. Gräser, Liliaceen, Umbelliferen, Labiaten, Compositen etc. etc. bei uns überhaupt nicht durch Holzpflanzen vertreten sind.

Die Einteilung der Laubhölzer in „Kätzchenträger“ und „kätzchenlose Laubhölzer“ geschah lediglich aus praktischen Rücksichten.

dem Rindenniveau stark vorspringen und durch scharfe Furchen von einander getrennt sind. Auf dem meist rhombischen Querschnitte zeigen die Nadeln zwei seitliche Harzgänge (beiderseits je einen) (mitunter fehlend). Nach dem Vertrocknen der Zweige fallen sämtliche Nadeln ab und die entnadelten Zweige erscheinen dann durch die spiralig angeordneten, dicht stehenden Blattkissen rauh wie eine grobe Feile. Die einjährigen Jahrestriebe tragen in den obersten Blattachseln gehäuft kräftige Knospen („Quirlknospen"), die im nächsten Jahre kräftige „Quirläste" liefern, und ausserdem am Jahrestrieb zerstreut in einzelnen Blattachseln schwächere Knospen (Zwischenknospen), welche zu schwächeren Zweigen auswachsen. — Die Fichten sind immergrüne Waldbäume der nördlich gemässigten Zone der alten wie der neuen Welt, ihr Stamm ist stets einheitlich, ihr Wuchs streng pyramidal, ihr Holz (vergl. Picea excelsa) führt stets Harzkanäle und das Kernholz ist stets ungefärbt.

1. Sektion Eupicea: Nadeln 4kantig, im Querschnitt abgerundet quadratisch oder von oben, seltener von der Seite zusammengedrückt, auf allen Seiten Spaltöffnungen tragend, reife Zapfen abwärts hängend.

§ 31. 1. Picea excelsa Link, die Fichte oder Rottanne (franz. Epicéa) ist nicht nur der forstlich wichtigste Nadelholz-, sondern der wichtigste deutsche Waldbaum überhaupt. Junge Triebe kahl oder spärlich kurzhaarig, hell rotgelb—rotbraun, Knospen kegelförmig spitz mit trockenhäutigen, harzlosen Schuppen. Blattkissen aufrecht abstehend, jederseits mit einer kleinen Beule, herablaufender Teil des Blattkissens lineal-parallelrandig. Die sehr vielgestaltigen Nadeln i. allgem. allseits glänzend dunkelgrün, gerade oder etwas gebogen, steif, kurz stachelspitzig stechend, 15—25 mm lang, 1 mm breit, dicht spiralig bürstenförmig nach oben, an jungen Zweigen auch allseits schief abstehend, meist seitlich zusammengedrückt, die beiden oberen Flächen flach, die unteren mit je einer Längsrinne. Männliche Blüten vor dem Verstäuben erdbeerfarben, nachher gelb, oft über die ganze Krone zerstreut, weibliche karminrot, in der Regel auf den oberen Teil beschränkt. Zapfen der normalen Formen 10—16 cm lang und 3—4 cm dick, vor der Reife hellgrün, seltener dunkelviolett. Samen 4—5 mm lang, inkl. des 3mal so langen rotgelben, glänzenden Flügels etwa 16 mm. 1 Kilo entflügelten Samens enthält[13]) 120000—150000, im Durchschnitt 135000 Samenkörner, ein Hektoliter 40—48, im Durchschnitt 44 Kilo. Von den noch mit den Flügeln versehenen Samen gehen 105000 bis 110000 auf das Kilo und 14—18, im Durchschnitt 16 Kilo auf das Hektoliter. Bei freiem Stande und unter normalen Verhältnissen pflegt die Fichte frühestens ca. im 30., häufig auch erst im 50., im Bestandesschlusse hingegen gewöhnlich nicht vor dem 60. bis 70. Lebensjahre[13]) Blüten und keimfähige Samen zu erzeugen und damit in das Alter der „Mannbarkeit" einzutreten; auf sehr magerem, dürrem, sonnigem Boden können dagegen schon 15jährige Pflanzen Zapfen tragen, die aber meist keinen keimfähigen Samen enthalten. Mannbare Fichten blühen in der Regel nur in jedem 3. oder 5. Jahr oder in noch längeren Pausen. Die Häufigkeit solcher „Samenjahre" ist in erster Linie durch den Standort bedingt; im Gebirge sind die Samenjahre seltener, etwa alle 7—8 Jahre. Der Beginn der Blütezeit fällt ungefähr mit dem Austreiben der neuen Nadeln zusammen oder auch wohl etwas früher und liegt im allgemeinen zwischen Ende April (im Süden) und Anfang—Mitte Juni (im Norden bezw. in hohen Lagen), am häufigsten im Mai. Der in Samenjahren überaus reichlich ge-

13) Diese, wie alle ähnlichen Angaben bei anderen Bäumen nach Hempel und Wilhelm l. c., die Angaben betr. periodischer Lebenserscheinungen und Alter auch nach Willkomm. Forstl. Flora 2. Aufl.

bildete Blütenstaub liegt oft dicht auf Pflanzen, Steinen und Wegen und hat Veranlassung zu der Sage vom „Schwefelregen" gegeben. Die Zapfen, die schon im August ausgewachsen sind, reifen im Oktober, die Samen fliegen aber erst aus, wenn die zunächst noch fest zusammenschliessenden Zapfenschuppen sparrig auseinanderweichen, was selten im Spätwinter, wenigstens bei uns in Deutschland, geschieht. Gewöhnlich bleiben sie den Winter über geschlossen und öffnen sich erst im nächsten Frühjahr, ein Vorgang, der durch trockene Winde begünstigt wird. Die entleerten Zapfen fallen gewöhnlich noch im gleichen Jahre ab. Die Samen keimen, im Frühjahr gesät, 4—5 Wochen nach der Aussaat, die Keimkraft dauert etwa 3—4 (7) Jahre. Das Keimpflänzchen[14]) trägt einen Quirl von meist 8 (5—10) bogig aufwärts gekrümmten Keimnadeln (Cotyledonen), welche 15—17 mm lang werden, und fein zugespitzt, dreikantig, ohne Harzkanäle, an der oberen, dem „Knöspchen" zugewendeten Kante aufrecht sägezähnig sind und sich bis ins 3. Jahr erhalten. Der 1. Jahrestrieb über den Keimblättern wird ca. 2—3 cm lang und trägt um ein Drittel kürzere, im Querschnitt stumpf rhombische Nadeln mit 2 kleinen Harzgängen in den Seitenkanten, die aussen mit Sägezähnchen besetzt sind. Nicht selten unterbleibt die Triebbildung des 1. Jahres gänzlich und das Pflänzchen schliesst dann mit einer deutlichen Endknospe oberhalb der Keimblätter ab. Die Nadeln vom 3. Jahr haben glatte Ränder, vom 4. (gelegentlich auch 3.) Jahre an beginnt die Scheinquirlbildung durch starke am Ende des Jahrestriebs gehäufte Knospen. Am Gipfeltrieb wird die Endknospe von 3—7 Seitenknospen umgeben, welche sich rings um den Zweig verteilen, aber nicht genau in gleicher Höhe entspringen; an Seitenzweigen stehen gewöhnlich nur zwei starke Seitenknospen, eine nach rechts, eine nach links, von der Endknospe in der Regel ungleich entfernt, ebenso stehen hier die Zwischenknospen, so dass sich die Seitenzweige zunächst annähernd in einer Ebene verzweigen. Die Zweige erster Ordnung stehen bei der normalen Form wagrecht oder etwas gesenkt, die Rinde ist hellbraun, zuletzt rotbraun bis rötlichgrau und löst sich in dünnen Schuppen ab, die Borke wird selten stärker als 1 cm. Die Stämme sind schnurgerade, säulenförmig, nach oben stark sich verjüngend, und erreichen eine Höhe von 30—(50) m und bis zu 2 m Durchmesser. Die spitz pyramidale Krone reicht bei freiem Stand bis zum Boden und auch im Schlusse behält die Fichte ihre Aeste bis weit herab. Die Bewurzelung ist infolge Mangels einer Pfahlwurzel flach, „tellerförmig" und der Baum infolge dessen der Gefahr des Windwurfes ausgesetzt. Bei günstigen Standorts- und Ernährungsverhältnissen bildet die Fichte im Stangenholzalter jeweils zahlreiche Zwischenknospen am Gipfeltrieb, die sich nicht selten schon im ersten Sommer zu „Nachschossen" entwickeln und bis 20 cm Länge erreichen können. Die Periode des raschesten Höhenwuchses (Durchschnitt 0,3 Meter Längenzuwachs) fällt unter normalen Verhältnissen zwischen das 40. und 100. Jahr. Je nach Standort ist der Höhenwuchs mit 70—120 Jahren abgeschlossen. In Kulturwäldern überschreitet die Fichte selten ein Alter von 150 Jahren, während sie im Urwald und vereinzelt in den Alpen mehrhundertjähriges bis 1000 (1200) jähriges Alter erreichen kann bei sehr viel langsamerem Holzzuwachs. Die Lebensdauer der Nadeln ist bei der Fichte, wie bei den Coniferen überhaupt sehr von den Standortsverhältnissen, insbesondere von der Luftfeuchtigkeit und Luftreinheit abhängig. Je grösser und je gleichmässiger die letzteren, desto länger bleiben die Nadeln am Leben, unter günstigen Umständen 5—7 Jahre.

Die Fichte verträgt das Beschneiden gut (in den Alpenländern werden die Fichten mitunter behufs Streugewinnung aufgeschneidelt!) und liefert so vorzügliches Material

14) Diese Angaben ausserdem nach Tubeuf, Samen, Früchte und Keimlinge.

für lebende Hecken und Zäune, die alljährlich verschnitten werden und später, sich selbst überlassen, noch zu normalen Bäumen auswachsen können.

Das Fichtenholz ist weisslich und in seinem ungefärbten Kerne nur durch den viel geringeren Wassergehalt vom Splintholze verschieden. Jahresringe durch das dunklere Spät-(Herbst)holz sehr deutlich. Mikroskopisch ist es durch seine Markstrahlen charakterisiert, welche zum grösseren Teil einreihig, zum kleineren mehrreihig sind; letztere zeigen im Tangentialschnitt in der Regel einen zentralen Harzgang (seltener 2), welcher, wie alle Harzgänge der Fichte, von ziemlich kleinen und vorwiegend dickwandigen Zellen umgeben ist. Holzparenchym kommt, ausser in der Umgebung der Harzgänge nicht vor, das Holz ist ausschliesslich aus Tracheiden aufgebaut, welche wie bei den andern Nadelhölzern auf den Radialwänden behöft getüpfelt sind. Im Radialschnitt zeigen die Markstrahlen eine Zusammensetzung aus tracheidalen Elementen und Parenchymzellen derart, dass die oberen und unteren Zellreihen, mitunter auch eine der mittleren Reihen aus Tracheiden bestehen, welche in der Gestalt den Parenchymzellen gleichen, aber behöft getüpfelt sind und meist durch mehrere Tüpfel mit den angrenzenden Tracheiden kommunizieren, während die meist zahlreicheren Parenchymzellen der Markstrahlen ringsum einfache Punkttüpfel führen. Letzteren entsprechen an den angrenzenden Tracheiden kleine Hoftüpfel mit schiefer, oft über den Rand des Hofes hinausgreifender Spalte. Die Innenfläche der Markstrahl-Tracheidenwand ist nicht selten fein gezähnelt. Die Harzgänge des Holzes finden sich vorwiegend im Herbstholze. Spiralige Wandverdickungen finden sich nur in den Tracheiden des „Rot-“ und „Zugholzes“.

Das Verbreitungsgebiet der Fichte umfasst die östlichen Pyrenaen bis zum 42.°, die Alpen- und Karpathenländer, das südliche, mittlere und östliche Deutschland, die skandinavische Halbinsel bis zum 69.° und einen grossen Teil des europäischen Russlands mit Finnland und Lappland. Oestlich von Kasan geht sie in die sibirische Fichte (P. obovata Ledeb.) über. Bei keinem Waldbaum ist das Verbreitungsgebiet durch Kultur so über die Grenzen des natürlichen Vorkommens hinaus erweitert. In Spanien, Italien und Griechenland fehlt die Fichte. Auch der grösste Teil Frankreichs, die britischen und dänischen Inseln, Belgien und die Niederlande, Jütland, sowie der westliche und mittlere Teil der norddeutschen Tiefebene fallen ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsbezirks. Die Fichte ist die herrschende Holzart der deutschen Alpen, der schwäbisch-bayrischen Hochebene, des bayrischen und des Böhmer Waldes, des Erzgebirges, der Sudeten, des Fichtelgebirges, Thüringerwaldes und Harzes, sie nimmt starken Anteil an der Bestockung des Schwarzwalds und der Vogesen, bildet zu einem Drittel die Waldungen Ostpreussens, während sie im übrigen norddeutschen Flachlande und im Rheingebiet ziemlich selten ist.

Die Fichte verlangt zu gutem Gedeihen luftfeuchte Lagen und wegen ihrer flachen Bewurzelung ständig frischen Boden, an dessen Tiefgründigkeit sie keine Ansprüche stellt und ebenso ist sie hinsichtlich der Standortsgüte mit Ausnahme der noch genügsameren Kiefer unser anspruchlosestes Nadelholz. Sehr bescheiden ist sie auch in ihren Wärmeansprüchen; sie verlangt eine mittlere Julitemperatur von mindestens 10° und höchstens 19°. Darum findet sie im Westen und Süden ihres Verbreitungsgebietes die zusagendsten Standortsverhältnisse im Gebirge, in welchem sie weit höher als die Tanne und die Buche emporsteigt (Harz bis 1000 m, Riesengebirge bis 1200 m, Schwarzwald bis 1400 m, bayrischer Wald bis 1500 m, nördliche Kalkalpen bis 1700 und 1800 m, Südtirol, Wallis und Engadin bis 2100 m). Sie ist ebenfalls eine ausgesprochene Schattenholzart, wenn ihr Schattenerträgnis auch nicht ganz so gross ist, wie dasjenige der Tanne.

Kein anderes Nadelholz variiert so stark wie die Fichte. Ueber ihre Formen existiert eine reiche Literatur[15]). Nach dem Zapfenbau unterscheidet Schröter a) vier Abarten (Subspecies oder Varietäten) der Fichte, „werdende Arten, welche durch mehrere erbliche Merkmale von den anderen Individuen derselben Art verschieden sind, in grösserer Zahl in zusammenhängender Verbreitung auftreten und mit den anderen Abarten derselben Art durch nicht hybride Uebergänge verbunden sind", b) nach Abnormitäten des Wuchses, der Rinde, der Nadeln und der Zapfen 15 Spielarten (lusus), „die aus der Gesamtheit derjenigen Individuen bestehen, welche durch erbliche Merkmale von den übrigen derselben Art abweichen, nur in kleiner Individuenzahl vereinzelt und an weit getrennten Orten unter den „normalen" auftreten und meist nicht durch Uebergänge mit denselben verbunden sind"; sie verdanken ihre Entstehung einer sprungweise einsetzenden Variation bei der Aussaat (Samenvariation) oder an einer Knospe (Knospenvariation); daher ihr von der typischen Art oft so auffallend verschiedenes Aussehen, ihre geringe Individuenzahl, ihr isoliertes Vorkommen und ihre durch starke Rückkreuzung geringe Vererbbarkeit. c) Endlich werden noch 14 verschiedene Wuchsformen aufgeführt und darunter die Gesamtheit derjenigen Individuen verstanden, welche sich durch ein nicht erbliches Merkmal von den übrigen unterscheiden. Dieses Merkmal verschwindet, wenn man das Individuum unter andere Bedingungen bringt und ebenso bei der Aussaat unter anderen Bedingungen.

a) Varietäten:

§ 32. a 1. Picea excelsa Link var. obovata Ledeb. Sibirische Fichte. Früher allgemein für eine eigene Art gehalten, ist aber mit der gewöhnlichen Fichte, mit deren Verbreitungsgebiet das ihrige unmittelbar zusammenhängt, durch allmählige Uebergänge, die man als var. fennica Regel zusammenfassen kann, verbunden. Junge Triebe kahl oder schwach behaart. Nadeln meist stechend spitzig. Zapfen nur 4—7,5 cm lang mit breit eiförmigen oder fast herzförmigen Zapfenschuppen, die weich und biegsam, deren oberer, unbedeckter Teil stets gewölbt und deren Vorderrand stets ganz ist. — Von Nordostskandinavien durch das nördliche Russland und ganz Nordasien excl. Japan verbreitet, überwiegt sie an Massenentfaltung alle anderen Arten weitaus. Durch nahe Verwandte (P. Morinda) hat sie den Himalaya besiedelt und (P. polita, P. Alcockiana) Japan besetzt.

a 2. Picea excelsa var. fennica Regel. Finnische Fichte. Zapfen grösser als bei voriger, im Ural 5—9, in den Alpen —13, in der Ebene —19 cm lang. Schuppen verkehrt eiförmig, vorn mehr oder weniger abgerundet, aber stets fein gezähnelt; oberer unbedeckter Teil der Schuppe flach oder gewölbt. Diese Var. kommt in zwei Subvarietäten: α) medioxima Nylander mit grünen und β) alpestris Brügger mit stark bereiften dicken Nadeln und hellgrauer Rinde vor. — In Asien vereinzelt, in Europa häufig in Russland und Skandinavien, zerstreut in Deutschland und der Schweiz.

a 3. Picea excelsa var. europaea Teplouchoff, die (typische) europäische Fichte, umfasst das Gros der mitteleuropäischen Fichten der Ebene und der Bergregion. Die Zapfenschuppen sind rhombisch, von der Mitte oder dem oberen Drittel an verschmälert, am Ende abgestumpft, ausgerandet oder gezähnelt, aber

15) Die neueste und vollständigste Arbeit hierüber ist die treffliche Schrift von C. Schröter, Ueber die Vielgestaltigkeit der Fichte (Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrg. 43 1898, 130 p. mit 37 Abbildungen), an deren Schluss die ganze Literatur hierüber zusammengestellt ist. Die Variation der Fichte ist hier nach Schröter geschildert.

nicht plötzlich in eine Spitze wellig vorgezogen. Auch hier zwei Subvarietäten: α) typica mit dunkelgrünen, β) coerulea mit stark bereiften Nadeln.

a 4. Picea excelsa var. acuminata Beck v. Man. Dornfichte. Zapfenschuppen in eine lange, ausgerandete, aufgebogene Spitze plötzlich wellig verschmälert. — Häufig in Preussen, sonst selten.

b) Spielarten:

Bei der typischen Fichte stehen die Seitenäste erster Ordnung im oberen Teil des Baumes schief nach oben, im mittleren horizontal, im unteren mehr oder weniger schief abwärts, die Seitenäste zweiter Ordnung anfangs horizontal, später schief abwärts, zuletzt hängen sie, meist reichlich verzweigt, senkrecht abwärts. All diese Merkmale erfahren bei gewissen Spielarten eine auffallende Steigerung (1—4.)

b 1. Lusus viminalis Caspari. Hängefichte, am häufigsten in Skandinavien, sonst äusserst selten. Die Aeste zweiter Ordnung zahlreich, sehr wenig verzweigt, sehr lang (3—6 m), schlaff und gerade herabhängend wie Peitschenschnüre, sehr biegsam, drehrund, dünn. Eine Zwischenform zwischen dieser und der gewöhnlichen Fichte scheint die „Zottelfichte", auch „Schindeltanne" genannt, der Alpen und der deutschen Mittelgebirge zu sein, die in den Alpen wie im Schwarzwalde neben gleichalterigen normalen Fichten durch ihre schlaff herabhängenden, schwächer verzweigten und etwas längeren Seitenzweige zweiter Ordnung auffällt, ohne aber den Typus der echten Hängefichte zu erreichen.

b 2. Lusus pendula Jacques et Hérincq. Trauerfichte. Aeusserst selten. Die meist auffallend dünnen Haupt- und Nebenäste hängen und liegen dem Stamm mehr oder weniger an, wodurch die meist tief herabreichende Krone säulenförmig wird. Der hängende Zustand der Aeste reicht immer über die halbe Höhe des Baumes hinauf. Die jüngsten Aeste können wieder horizontal ausgebreitet sein. Uebergangsformen mit scharf abwärts gekrümmten Aesten von normaler Dicke und Verzweigung („Beugefichten") kommen auch hier vor.

b 3. Lusus erecta Schröter. Vertikalfichte. Die Aeste erster Ordnung wenden sich vom Grunde an steil nach oben; nur einmal in Livland gefunden. Hierher gehören wahrscheinlich auch diejenigen Candelaberfichten, deren Hauptstamm völlig unverletzt ist, wenigstens zum Teil.

Durch Knospenverkümmerung entstehen:

b 4. Lusus virgata Caspari. Schlangenfichte. Aeste erster Ordnung spärlich und meist nicht in Quirlen, gar nicht oder spärlich verzweigt. In Deutschland äusserst selten, etwas häufiger in Skandinavien und in der Schweiz. Uebergänge zur Normalform wie zur Hängefichte, Trauerfichte und astlosen Fichte bekannt.

b 5. Lusus monstrosa Loudon. Astlose Fichte (monocaulis Nördlinger). Maximum der Knospenverkümmerung; die ganze Pflanze stellt einen völlig astlosen Spiess dar mit verdickten Stellen an der Grenze der Jahrestriebe. Nadeln bis 34 mm und sehr lange bleibend. Nur einige male gefunden.

Trotz ihrer für den Kampf ums Dasein sehr unvorteilhaften Organisation können die astlosen Fichten bei geeigneter Pflege relativ beträchtliche Grösse etc. erreichen. Das älteste bekannte Exemplar, auf Isola bella hat — bei sorgsamer Pflege — ein Alter von ca. 60 Jahren und eine Höhe von 7 Metern erlangt, mit Jahrestrieben von 30—38 cm Länge in den letzten Jahren und einem Stammumfang von 6 cm. Die Lebensdauer der Nadeln beträgt bei dieser unnatürlichen Form 9—10 Jahre. (Briefliche Mitteilung von Pirotta.)

Durch Knospenvermehrung entstehen die polycladen Formen:

b 6. Lusus columnaris Carrière. Säulenfichte. Krone schmal cylindrisch; an den kurzen, steifen, horizontalen oder wenig abwärts gebogenen Aesten erster Ordnung sitzen reichlich verzweigte dichte Büsche aus kurzen Trieben. Die schmalcylindrische Form der Krone kommt also auf ganz andere Weise als bei der Trauerfichte zustande. Wildwachsend nur aus der Schweiz in 6 Exemplaren bekannt. Alle zeigen den columnaris-Charakter erst in höherem Alter. Die untere Partie der Bäume ist normal.

b 7. Lusus globosa. Berg. Kugelfichte, Hexenbesen-Fichte[16]). Die ganze Gipfelregion eines sonst normal gewachsenen Baumes bildet einen riesigen „Hexenbesen“, wobei entweder die Hauptachse erhalten bleibt, aber alle Seitenäste sich in dicht gedrängte Hexenbesen umwandeln und der Gipfel einen breiten, niederen Kegel bildet, oder die Hauptachse löst sich selbst in einen grossen länglich kugeligen Hexenbesen auf. Hierher dürften meiner Ansicht nach auch die gewöhnlichen sehr verschiedenartigen Hexenbesen der Fichte zu stellen sein, die durch Variation einer Seitenknospe hervorgerufen werden.

b 8. Lusus nana Carrière (erweitert) Zwergfichte umfasst die zahllosen Formen zwergiger Fichten unserer Gärten und die wenigen aus dem Freien. Allen gemeinsam ist die Kürze der Triebe, die reiche, dicht stehende Verzweigung und die kurzen Nadeln. Die Gesamtform zeigt alle Uebergänge vom Kriechwuchs bis zum Kegel. Diese Formen wiederholen auf ganz spontanem Wege in ganz auffallender Weise die Formen der Polster- und Mattenfichte von der Baumgrenze und die Verbissformen.

b 9. Lusus strigosa Christ. Sparrfichte, mit ausserordentlich zahlreichen, nach allen Richtungen abstehenden Zweiglein, habituell der Lärche auffallend gleichend. Nur in der Schweiz gefunden.

Durch den Bau der Rinde unterscheiden sich:

b 10. Lusus corticata Sch. Dickrindige Fichte. Lärchenfichte. Rinde bis 9 cm dick, längsrissig, lärchen- oder kiefernähnlich, aber mit dem mikroskopischen Bau der Fichtenrinde. In Oesterreich, Deutschland und Schweiz einige male gefunden.

b 11. Lusus tuberculata Schröter. Zizenfichte. Stamm wenigstens im unteren Teil mit kegel- oder zizenförmigen Korkwucherungen bedeckt, die bis 3 cm Höhe erreichen und aus abwechselnden Schichten von Schwammkork und Phelloid zusammengesetzt sind. Aeusserst selten; je zweimal in Oesterreich und in der Schweiz, einmal in Bayern gefunden.

Nach der Grösse der Nadeln unterscheiden sich:

b 12. Lusus brevifolia Cripps (wahrscheinlich identisch mit lusus nana Carr.) Nadeln nur 2—5,5 mm lang. Niedrige Büsche von 90 cm bis 1,80 m. Schweden, Finnland.

c 13. Lusus (oder var.?) nigra Loudon. Nadelkissen dicht behaart, Nadeln derb, dunkelgrün, bis 18 mm lang und 1,5 mm dick, im Querschnitt fast quadratisch, mit säbelförmiger Krümmung und stumpfem Ende. Zweige auf der Oberseite bürstenförmig benadelt. — Angeblich in Norwegen häufig, Erz- und Riesengebirge, wohl auch anderwärts; wahrscheinlich nur eine üppige Form der gewöhnlichen Fichte. Die „Doppel-

16) Schröter versieht diese Form mit einem Fragezeichen, weil der Hexenbesen der Fichte möglicherweise durch einen Pilz hervorgerufen sein könnte. Eine solche Ursache konnte hier, trotz allen Suchens bis dato noch nicht konstatiert werden und Schröter, wie auch Verf. auf Grund zahlreicher Untersuchungen, hält diesen Hexenbesen nur für eine Knospenvariation.

tannen" des Berliner Weihnachtsmarktes, die früher hierher gestellt wurden, sind nach Tubeuf [17]) nichts anderes als die Gipfel älterer Fichten!

Durch die Farbe der Nadeln sind charakterisiert:

b 14. Lusus aurea Carrière. Goldfichte, mit teilweise goldgelben Nadeln. Aeusserst selten.

b 15. Lusus variegata Carrière. Buntfichte, mit weissbunten Nadeln, wildwachsend in Finnland und Baden gefunden.

Durch Abänderungen im Zapfenbau ist charakterisiert:

b 16. Lusus triloba Ascherson und Gräbner, lappenschuppige Fichte. Zapfenschuppen wenigstens teilweise 3lappig. — Harz, Mähren, Schweiz.

Endlich treten bei der nordischen wie bei der gemeinen Fichte als Hemmungsbildungen auf 1. Krüppelzapfen, indem eine wechselnde Anzahl von Zapfenschuppen in ihrer oberen Hälfte mit einem scharfen Winkel nach aussen zurückgebrochen erscheint, der Samen reift normal; 2. „Squarrosa"-Zapfen Jacobusch (möglicherweise besondere Abart), mit sehr lang geschnäbelten, starkwelligen und sparrig abstehenden, weizengelben, dünnhäutigen Zapfenschuppen, so dass diese Zapfen völlig denen der Sitkafichte gleichen; 3. parasitäre Hemmungen an von Insektenlarven angefressenen Zapfen, deren kleinere, dünnere und unebenere Schuppen sich nicht öffnen und deren Samen oft hohl sind.

Als ungenügend bekannte Abänderungen betrachtet Schröter die nach der Farbe der unreifen Zapfen unterschiedene rot- und grünzapfige Fichte, von welchen die grünzapfige Fichte sich später im Jahre entwickelt als die rotzapfige und viel lockerer gestellte Nadeln hat als die letztere; wahrscheinlich haben wir es mit einer „Frühform" und einer „Spätform" zu tun, die bei den meisten Fichtenvarietäten zu finden sein dürften (Saisondimorphismus.)

c) Wuchsformen:

Die hierher gehörigen Formen sind entweder Correlationsformen, welche als Reaktion auf Verstümmelung entstehen, oder sie sind als klimatische Reduktionsformen aufzufassen. Durch wiederholten Knospenverlust, namentlich durch Verbeissen seitens der Ziegen, entsteht die in den Alpen überall verbreitete, aber auch anderswo, z. B. im Schwarzwald anzutreffende, Verbissfichte, das Geistannli oder Grotze der Aelpler, das 40—60 Jahre alt werden kann, ehe der Gipfel den Tieren aus dem Maule wächst und sich dann zum normalen Baume entwickelt; wachsen hierbei zwei Gipfel aus, so entsteht die Zwillingsfichte, drei und mehr, die Garbenfichte, deren Stämme später mehr oder weniger mit einander verwachsen. Die Schneitelfichte ist eine künstliche Säulenform, hervorgebracht durch wiederholtes Aufschneiteln der Fichten behufs Streugewinnung, die Candelaberfichte, in grossen freistehenden Exemplaren vielfach auch Wettertanne (vgl. auch bei Tanne) genannt, hat infolge des frühzeitigen Aufrichtens von Seitenästen erster und höherer Ordnung mehrere (bis ca. 20 und mehr) Sekundärwipfel. Der fast stets längere Hauptwipfel kann dabei erhalten oder gebrochen sein. Verliert ein schon erstarkter Baum sein oberes Stammende durch Schneebruch, Winddruck u. dergl., so können sich an seiner Stelle ältere Aeste als Sekundärwipfel aufrichten und bilden dann ebenfalls eine Candelaberfichte. Ist eine Fichte durch Wind oder Schneedruck stark geneigt oder niedergelegt, aber nicht entwurzelt, so kann eine ganze Reihe von Seitenästen sich zu Toch-

17) v. Tubeuf, Die Doppeltanne des Berliner Weihnachtsmarktes, Illustrierte Landw. Zeitung XX. No. 21. Ref. Bot. Centralbl. 1900 Bd. 83. p. 297.

terbäumen entwickeln (Harfenfichte). Gegen die Baumgrenze, im Norden wie im Gebirge, wird wiederholte Mehrwipfeligkeit, mit reduziertem Höhenwuchs verbunden, besonders an windoffenen Stellen immer häufiger und diese Krüppelformen mit weit ausgreifenden unteren Aesten lassen sich als Strauchfichten (incl. Willkomm's „Schneebruchsfichte"), zusammenfassen, an welche sich, bis jetzt nur im höchsten Norden beobachtet, die Polsterfichte, mit Stamm, ein meterhohes dichtes Polster bildend und die stammlose, im Rasen kriechende, aus angewurzelten ausläuferartigen Aesten bestehende Mattenfichte als Endglieder anschliessen.

Die drei zuletzt geschilderten Wuchsformen verdanken der austrocknenden Wirkung des Windes, d. h. dem dadurch bedingten Triebverlust und der correlativ dadurch veranlassten Sprossvermehrung ihre Ausbildung. An der nordischen Baumgrenze wie in Hochlagen entstehen durch Reduktion des Längenwachstums infolge geringer Wärmewirkung und Kürze der Vegetationsdauer als einwipfelige Grenzformen des hochstämmigen Baumwuchses die Spitzfichte mit langcylindrischer, schmaler, locker beasteter Krone, wenn nur die Seitentriebe verkürzt werden, und die der normalen Wuchsform entsprechende breitkonische Kegelfichte, wenn namentlich der Hauptstamm stark verkürzt ist. Bei der noch baumartigen Kegelfichte ist der Stamm sehr abholzig, bis auf den Boden herab dicht beastet, dicht und kurz benadelt.

Durch die Bodenbeschaffenheit werden in ihrem Wuchse modifiziert die Sumpf- oder Krummfichte (forma palustris Berg) und die Senkerfichte; verpflanzt man dieselben in guten Boden, so verlieren sie ihren abnormen Wuchs. Die in nassen Torfmooren Ostpreussens und Livlands vorkommende Sumpffichte ist dadurch ausgezeichnet, dass der Gipfeltrieb umgebogen oder hinunterwachsend ist und gleichzeitig auch alle Aeste und Zweige sich abwärts neigen. Bei der Senkerfichte haben die untersten Aeste Wurzel geschlagen und sich zu Tochterbäumen aufgerichtet. Hieran kann endlich die Stelzenfichte angeschlossen werden, die auf ihren Wurzeln wie auf Stelzen steht und in der Regel durch Anflug auf einem modernden Baumstumpfe entsteht.

Die Beziehung der durch die Eigenschaften ihres Holzes charakterisierten Haselfichte zu den oben aufgeführten Fichtenvarietäten ist durchaus unklar. Das Holz der Haselfichte hat fast gleichbreite schmale Jahresringe mit sehr schmaler Spätholzschicht und rel. breiter weisser Frühholzschicht; angeschlagen oder beim Riesen gibt der Stamm einen hellen, singenden, lang vibrierenden Ton von sich und eignet sich das Haselfichtenholz deshalb vorzüglich zu Resonanzböden musikalischer Instrumente. Bei einzelnen Haselfichten verlaufen die Jahresringe wellig, mit regelmässigen Einbuchtungen (Zargenholz). Wahrscheinlich kommt die Haselfichte überall im höheren Gebirg vereinzelt oder horstweise vor, namentlich unter den Zottelfichten.

Die Fichte ist der einzige europäische Vertreter der Sektion Eupicea. Häufiger angepflanzt findet man folgende amerikanischen und asiatischen Fichten:

§ 33. 2. Picea alba Link (P. canadensis Köhne). Schimmelfichte, nordamerikanische Weissfichte. Knospenschuppen kahl, junge Triebe kahl, graugrünlichweiss, an den Spitzen der Blattkissen oft schwach violett angehaucht. Nadeln dicht, bis 20 (selten 25) mm lang, im Querschnitt quadratisch, fast stets ohne Harzgänge, infolge starker Entwickelung der Spaltöffnungsreihen bläulich-graugrün, zerrieben aromatisch. (Bei besonders aromatischen Zweigen führt ein Teil der Nadeln oft 1—2 auffallend weite Harzgänge.) Zapfen 2—5,5 cm lang, unreif meist grün, reif meist hellbraun, schon im Herbste oder im Laufe des Winters abfallend. Zapfenschuppen schwach längs gestreift, matt, mit schmalem glänzendem Rande. Samen incl. des doppelt bis dreifach so langen Flügels bis 9 mm

lang. Mannbarkeit frühzeitig, Samenproduktion reichlich. — Die Heimat der Schimmelfichte ist das östliche Nordamerika, wo sie ein sehr verbreiteter und wichtiger Waldbaum ist und nach Mayr an den nördlichen Abdachungen der Rocky mountains bis zu 50 m Höhe erreichen soll. In Europa wurde sie nach Beissner i. J. 1700 eingeführt und erreicht hier 10—15 (25) m Höhe. Lebensdauer der Nadeln bei uns[18]) am Haupttrieb $3^1/_2-5^1/_2$, meist $4^1/_2$, an Seitentrieben $6^1/_2-10^1/_2$, meist $8^1/_2$ Jahre. Der Baum ist bei uns völlig winterhart und infolge reichlicher Anlage von Zwischenknospen viel dichter verzweigt als unsere Fichte. Infolge dieser dichten und tiefen Beastung ist er besonders als Randbaum frei in Wiesen liegender Waldparzellen geeignet und so, nach Tubeuf, häufig auf der Insel Seeland verwendet, wo er ausserdem den Einfluss von Salzwasser und Seewind gut verträgt und zur Bindung des Dünensandes sich als geeignet erweist. Verbreiteter Zierbaum in Gärten und Anlagen.

3. Picea nigra Link (P. Mariana O. Kuntze). Nordamerikanische Schwarzfichte. Knospenschuppen sehr lang und stark behaart. Junge Triebe kurzhaarig, gelb-rotbraun, Nadeln sehr dicht, 7—12 mm lang, im Querschnitt niedergedrückt, 4kantig, dunkelgrün, durch die weisslichen Spaltöffnungsstreifen blaugrün erscheinend, Harzgänge 2. Zapfen 2—3,5 cm lang, unreif dunkelviolett, reif mattbraun, harzlos; nach dem Samenausfall meist mehrere Jahre am Baume hängen bleibend, Zapfenschuppen deutlich längs gestreift, gezähnelt, ohne glänzenden Rand. Samen incl. des doppelt so langen Flügels 6 mm lang. Lebensdauer der Nadeln bei uns am Haupttrieb 4, an Seitentrieben $4^1/_2$—$13^1/_2$, meist $7^1/_2$—$8^1/_2$ Jahre. Die Heimat der Schwarzfichte ist das östliche Nordamerika, wo sie bis 25 m Höhe erreicht. Bei uns wurde sie ca. 1700 eingeführt, ist als winterharter Parkbaum vielfach angepflanzt und bleibt meist ziemlich nieder.
(NB. Viele als P. nigra bezeichnete Exemplare, ebenso wie viele P. rubra, unserer Anlagen führen diesen Namen mit Unrecht und sind nichts anderes als P. alba!)

4. Picea rubra Link. Nordamerikanische Rotfichte, Hudsonsfichte. Junge Triebe filzig, rotbraun, Nadeln sehr dicht, 10—15 mm mit stechender Knorpelspitze, stumpf vierkantig, frischgrün glänzend (nicht bläulichgrün), Harzgänge 2. Zapfen 3—4 cm lang, jung rötlich violett, reif rotbraun glänzend, mit Harz übergossen, meist erst im zweiten Jahre abfallend, Zapfenschuppen leicht wellig längs gestreift, fein und unregelmässig gezähnelt. Samen incl. des $2^1/_2$—3 mal so langen Flügels —11 mm lang. Lebensdauer der Nadeln bei uns am Haupttrieb 4, an Seitentrieben $4^1/_2$—$10^1/_2$, meist $7^1/_2$ Jahre. — Wichtiger Waldbaum des englischen östlichen Nordamerikas, wo sie 30—40 m hoch wird. In Europa 1755 eingeführt und ziemlich selten, wenigstens echt, in deutschen Gärten.

5. Picea pungens. Engelmann. Junge Triebe schön gelbbraun, glatt, Endknospen gross, dick, mit breiten, zurückgeschlagenen Schuppen. Nadeln dicht, auf stark vortretenden Blattkissen mehr oder weniger sparrig abstehend, seitlich oder vom Rücken zusammengedrückt vierkantig, stark, dornig gespitzt und stechend, 15—30 mm lang, graugrün bis bläulichweiss, Harzgänge 2. Zapfen 8—10 cm lang, hellbraun mit wellig ausgerandeten Schuppen. Ihre Heimat ist das Felsengebirge Nordamerikas, wo sie eingesprengt im Mischwald bei 2000—2800 m Meereshöhe vorkommt und in feuchten Tälern bis 46 m Höhe erreicht. In Europa erst 1863 eingeführt, ist der raschwüchsige und völlig winterharte Baum in seinen blauweissen Varietäten heute unsere beliebteste und schönste Zierfichte in Gärten und Parks.

6. Picea Engelmanni. Engelm. Junge Triebe hell graugrünlichweiss bis

18) Diese, wie die folgenden derartigen Angaben nach den bei Eberswalde vorgenommenen Ermittelungen v. K. J. May, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1894. p. 648 ff.

braungelblichweiss, weich und kurz behaart, Endknospen kleiner als bei voriger, mit fest anliegenden Schuppen. Nadeln dicht, auf stark vortretenden Blattkissen, vom Rücken zusammengedrückt vierkantig, ziemlich weich, sehr kurz und stechend gespitzt, 14—20 mm lang, matt dunkelgrün bis bläulichweiss, ohne Harzgänge. Zapfen nur 4—6 cm lang, braunrot mit ausgefressen gezähnelten Schuppen. — Bestandbildender Gebirgswaldbaum des nordamerikanischen Felsengebirges, 1863 in Europa eingeführt, beliebter völlig winterharter Zierbaum, viel langsamer wachsend, aber ca. 3 Wochen früher austreibend als P. pungens, mit welcher sie häufig verwechselt wird.

7. Picea Breweriana Watson, erst 1884 im nördlichen Kalifornien in ca. 100 zerstreut stehenden Bäumen entdeckt, erreicht 30—50 m Höhe und ist durch schlanke, oft (wie bei der Hängefichte) schlaff herabhängende lange Zweige zweiter Ordnung ausgezeichnet als auffallendste Erscheinung unter allen amerikanischen Fichten, die mit ihren hängenden Zweigen an eine Trauerweide erinnert. In Europa bis jetzt nur in vereinzelten jungen Exemplaren.

8. Picea orientalis Lk. et Carr. Morgenländische oder Sapindusfichte besitzt von allen Fichten die kleinsten Nadeln, die dicklich, rundlich vierkantig, 5—10 mm lang und glänzend dunkelgrün sind, sehr dicht stehen und die Zweige, zumal auf der Oberseite, dicht decken und namentlich am Haupttrieb der Zweige angedrückt sind. Zapfen 5—8 cm lang. Lebensdauer der Nadeln bei uns an den Seitentrieben $5^1/_2$—$7^1/_2$, meist $7^1/_2$ Jahre. Waldbaum der Gebirge Kleinasiens, dort bis über 30 m Höhe erreichend und sehr zähes, dauerhaftes und harzreiches Holz liefernd. 1837 in Europa eingeführt als Zierbaum in Deutschland von langsamem Wuchs, der meist nur geringe Höhe erreicht. Nach Beissner winterhart, nach meinen eigenen Erfahrungen aber nicht in Gegenden mit relativ lufttrockenen Wintern.

9. Picea Morinda Link. Himalayafichte, Tränenfichte, ausgezeichnet durch hängende Zweige und die hervorragende Länge ihrer Nadeln, die 3—4, selten 5 cm lang werden, $1^1/_2$ mm dick, gerade oder etwas gebogen, steif, zusammengedrückt vierkantig, scharf gespitzt und freudig grün sind, Blattkissen wie bei der gemeinen Fichte. Die mit glashellen Harztropfen besetzten Zapfen sind die grössten aller Fichtenzapfen, 12—15 cm lang, 3—4 cm dick, dunkelbraun, mit ganzrandigen Schuppen. Samen incl. des dreimal so langen Flügels bis 20 mm lang. Im nordwestlichen Himalaya waldbildend oder eingesprengt, 30—50 m hoch. 1818 in Europa eingeführt, eine der dekorativsten Fichten, die aber nur in ganz milden Lagen unsere Winter erträgt.

11. Picea Schrenkiana. Fisch. et Mey, ein hoher im Thian-Schan, im Alataugebirge und in der dsungarisch-kirghisischen Steppe einheimischer und dort wälderbildender Baum, der mit etwas weniger überhängenden Aesten und Zweigen an P. Morinda erinnert. Nadeln 20—38 mm lang, weniger stechend, mehr mattgrün. Zapfen bis 9,5 cm lang. Diese Fichte steht der P. obovata nahe, von welcher sie sich nach Regel durch trockenhäutige, ausgebreitete Knospenschuppen, doppelt so lange Blätter, viel grössere Zapfen und Zapfenschuppen und durch brüchiges Holz unterscheidet. 1880 in Europa eingeführt, ganz winterhart, in Gärten vielfach mit P. obovata verwechselt.

12. Picea polita Carr. (P. torano Köhne). Torano- oder Tigerschwanzfichte. Junge Triebe kurz, dick und glatt, hellgelbbraun. Knospen eiförmig, dick, glänzend kastanienbraun, nicht harzig. Nadeln 15—25 mm lang, seitlich zusammengedrückt, stumpf vierkantig, sehr derb und scharf stechend, allseitig starr vom Zweige abstehend, auf dicken, horizontal und weit vorstehenden Blattkissen. An älteren, mehr überhängenden Zweigen sind die Nadeln länger, dünner und den Zweigen mehr angedrückt als an jungen üppigen Pflanzen. Zapfen 8—12 cm lang,

3—5 cm dick, vor der Reife gelbgrün. Samen incl. des 2—4 mal so langen Flügels bis 23 mm lang. — In Gebirgen im wärmsten Gürtel der Fichtenzone Japans einheimisch als seltener, eingesprengter, 20—30 m Höhe erreichender Baum mit kegelförmiger Krone und kleinschuppiger Rinde. 1861 in Europa eingeführt, winterhart, eine eigenartig schöne, von allen andern Arten sofort zu unterscheidende Fichte, deren derbe, vor der Entfaltung mächtig anschwellende Knospen am spätesten von allen Coniferen aufbrechen.

13. Picea Alcockiana Carrière[19]) = P. bicolor Mayr. Junge Triebe (nach Mayr) hellrot-rosafilzig, besonders in den Vertiefungen behaart, zuletzt rotbraun. Blattkissen unter dem abstehenden Ende birnförmig, neben demselben jederseits beulenförmig angeschwollen. Nadeln anfänglich wie bei unserer Fichte, später dem Trieb stark angedrückt, ziemlich dicht, 12—18 mm lang, steif, mehr oder weniger gebogen, stechend scharf gespitzt, von oben etwas zusammengedrückt, vierseitig stumpfkantig, oberseits durch die Spaltöffnungsreihen bläulichgrün, unterseits dunkelgrün; Harzgänge 2; zerrieben unangenehm riechend, ähnlich wie P. alba. Weibliche Blüten violett, Zapfen fest, reif braunrot, 8(—12) cm lang und 4½ breit, vor dem Vertrocknen bläulichrot mit mennigroten Rändern der Schuppen. Samen incl. des 2—3 mal so langen Flügels 14—15 mm. — In den Gebirgen des mittleren Japans im wärmsten Gürtel der Fichtenzone eingesprengt, 30—40 m hoch, bei uns ganz winterhart, in der Jugend unserer Fichte täuschend ähnlich, gehört sie mit bläulichgrüner Färbung und kräftigem gedrungenem Wuchse zu den dekorativsten Fichten, treibt sehr spät aus und schliesst trotzdem im Herbste rechtzeitig ihr Wachstum ab.

14. Picea Glehni Fr. Schmidt. Junge Triebe weichhaarig, zuletzt rotbraun. Blattkissen dick, ca. 2 mm übergebogen abstehend, am herablaufenden Teil birnförmig aufgetrieben. Nadeln stumpflich, 6—7 mm lang, so breit wie dick, rechtwinkelig abstehend, oberseits graugrün, unterseits grün, Harzgänge 2. Zapfen 3—6 cm lang, vor der Reife blaurot mit rotem Schuppenrand, schon an ganz jungen Pflanzen erscheinend. Samen incl. des doppelt so langen Flügels 11 mm lang. — Waldbaum mittlerer Grösse (—30 m) der Inseln Sachalin und Eso, bei uns vor ca. 15 Jahren eingeführt und anscheinend winterhart, spät austreibend, langsam wüchsig während der ersten 5 Jahre.

§ 34. 2. Sektion Omorica. Nadeln zweiflächig, tannenähnlich, auf der (gegen den Zweig gekehrten) Oberseite zwei weisse Spaltöffnungsstreifen zeigend, unterseits glänzend dunkelgrün mit spärlichen Spaltöffnungen. Alle oder nur die unteren Zapfen hängend, die übrigen abstehend oder etwas aufwärts gerichtet.

15. Picea Omorica Pančič. Omoricafichte[20]). Junge Triebe braun, dicht behaart. Blattkissen wagrecht abstehend. Nadeln 8—14 mm lang, etwa doppelt so breit wie dick, niedergedrückt vierkantig, mit kurzer Knorpelspitze, an den wagrechten Zweigen mehrreihig zweiseitig (gescheitelt). 2 kleine Harzgänge, welche in der unteren Nadelhälfte nahe den Seitenkanten an der Hautschicht der Nadel liegen. Beim mannbaren Baume sind die Nadeln der Stammtriebe durchschnittlich nur 1 cm lang, aber 2—3 mm breit, gespitzt, diejenigen der Seitentriebe im allgemeinen länger,

---

19) Unter dem Namen P. Alcoquiana Veitch ist nach Beissner im Jahre 1861 durch Unzuverlässigkeit der Sammler eine Mischung von Samen zweier ganz verschiedener Fichten P. Alcockiana Carr. und P. ajanensis Fisch. (bezw., nach Mayr, P. hondoënsis Mayr), verbreitet worden, weshalb sich in Anlagen und Handelsgärtnereien zumeist Exemplare der letzteren Art unter dem Namen der ersteren finden.

20) R. v. Wettstein, Die Omorikafichte. Eine monographische Studie (Sitzungsb. d. math.-natw. Cl. d. Wiener Akademie Bd. 99. Abt. I p. 503—557 mit 5 Taf. Wien 1891.

bis 16 mm, stumpfer, oft ohne jede Zuspitzung mit breitem abgestutztem Rande, bis 2,5 mm breit. Zapfen 2—4 cm lang, eiförmig, gedrängt, teils aus End-, teils aus Seitenknospen hervorgehend, trocken dunkelrotbraun, vor der Reife trübviolett mit dunkelrotem Rande der Zapfenschuppen. Samen incl. des doppelt so langen Flügels 11 mm. Ein Kilo entflügelten Samens enthält nach Wilhelm ca. 350000 Körner. — 1872 wurde der durch seine schlank kegelförmige, beinahe cypressenartige Gestalt auffallende, bis über 40 m Höhe erreichende Baum in Serbien entdeckt und wo er, wie in Bulgarien, Bosnien und Montenegro (?), jetzt nur noch einzeln oder in Horsten an schwer zugänglichen Stellen in den Gebirgswaldungen auftritt. Der Baum ist hier früher jedenfalls in grossen Beständen vorhanden gewesen und nach der Vermutung Pančič's zum Zweck der Mastbaumgewinnung von den Venetianern beinahe ausgerottet worden. Die tief angesetzte „pfeilförmig-pyramidale" Krone wird von sehr zahlreichen, selten über 3 cm starken und nie über 2 m langen, oft bis zur Berührung mit dem Stamme abwärts geneigten, an der Spitze aufwärts gekrümmten Aesten gebildet. Stamm verhältnismässig dünn, mit kaffeebrauner, grossschuppiger, leicht sich ablösender Borke, frühe sich von den unteren Aesten reinigend. Der bei uns völlig winterharte Baum wächst in der ersten Jugend langsam, dann aber freudig und ist, wie die folgenden Arten dieser Sektion, ein prächtiger Zierbaum.

16. Picea hondoensis Mayr. Junge Triebe kahl, glänzend, am Jahresschlusse hell gelbgrün, im zweiten Jahre hell rotbraun. Blattkissen am Gipfeltrieb junger Pflanzen mit kurzer dreieckiger Spitze vorwärts gerichtet, mit dem Alter sich ganz verlierend, an der Trieboberseite breit geschwollen, mit zwei Rinnen. Nadeln 10—17 mm lang, meist stumpflich. Harzgänge 2, halbwegs zwischen Kanten und Mittellinie der Unterseite. Knospen stets violett, verharzt, Zapfen locker, etwas gekrümmt, bei uns meist 3, in Japan nach Mayr —7 cm lang, anfangs rot, vor der Reife gelblichgrün. Samen incl. des kaum 1½ mal längeren Flügels 7—9 mm. — Seltener Hochgebirgsbaum des zentralen Japans, bis 30 m hoch, bei uns winterhart, aber früh austreibend; nach Mayr „ohne Wissen der meisten Pflanzenzüchter, welche P. Alcockiana zu besitzen glauben, am häufigsten in Deutschland kultiviert".

17. Picea ajanensis Fischer. Der vorstehenden Art sehr ähnlich. Junge Triebe kahl, gelbgrün, glänzend. Blattkissen länger als bei P. hondoensis, horizontal und sehr abstehend, stets deutlich bleibend, rinnenlos, stets ungeschwollen. Nadeln 10—20 mm lang, gebogen, meist stumpf gespitzt, seltener spitzlich. Harzgänge 2, von der Mittellinie der Blattunterseite meist weiter entfernt als von den Seitenkanten, Knospen gelbbraun, stets unverharzt. Zapfen locker, 3—5 (—8) cm lang, gerade, jung purpurfarben, reif hellbraun. Samen incl. des 2—3 mal so langen Flügels 10 mm lang. — In Japan und Ostsibirien bestandbildender wichtiger Waldbaum. 1861 mit Samen von P. Alcockiana eingeführt und vielfach unter letzterem Namen verbreitet und in Gärten kultiviert, wo sie freudig gedeiht und auch schon Zapfen getragen hat. Im Wuchs unserer Fichte ähnlich, nur zierlicher, erreicht sie in ihrer Heimat bis 60 m Höhe.

18. Picea sitchensis. Trautvetter et Meyer. Sitkafichte. Junge Triebe meist dick und steif, gelbgrün, später braungelblichweiss, kahl. Knospen glänzend, hellgelb. Blattkissen stark abstehend. Nadeln sehr dünn, aber trotzdem steif, 12—20 mm lang, bei uns nur 1 mm breit (in der Heimat bis 2,2 mm), nadelscharf zugespitzt, starr vom Zweige abstehend oder an den horizontalen Zweigen fast zweizeilig, in der Regel ohne Harzgänge. Zapfen 5—8 cm lang, auffallend kleinschuppig, blassgelb. Samen incl. des 2—3 mal so langen Flügels ca. 10 mm lang. Nach Wilhelm enthält ein Kilo entflügelten Samens ca. 700000 Körner. Lebensdauer der Nadeln bei uns am Haupttrieb 2½—5½, an Seitentrieben 3½—6½ Jahre. — Einer der wichtig-

sten bestandbildenden Waldbäume des nordwestlichen Amerikas, wo sie vom Meeresstrande bis 2100 m ansteigt, und selbst nassen, feuchten, sandigen Boden und Flussufer liebt und nicht selten 60 m Höhe und bis 3 m Durchmesser erreicht. In der Jugend wächst sie stark in die Seitenäste, verliert diese auch in hohem Alter schwer, weshalb reinschäftige Exemplare nur im dichten Schlusse zu finden sind. Wie alle pazifischen Holzarten auffallend raschwüchsig, gegen Kälte viel unempfindlicher als gegen Lufttrockenheit. In Europa 1831 eingeführt, ist sie vielfach wegen ihrer wertvollen (?) Holzqualität in ausgedehntem Masse forstlich angebaut. In genügend tiefgründigem, feuchtem Boden, besonders im tiefen nahrhaften Lehmboden gedeiht sie vorzüglich, während sie in trockenem, magerem heissem Boden, besonders im Kalkboden krüppelt. Beliebter Garten- und Parkbaum. Lichtbedürftiger als die gemeine Fichte ist sie in der Jugend, im Frühjahr und in schneearmen Wintern gegen Trockenheit empfindlich.

Die Tannen (Abies).

§ 35. Die Zapfen stehen meist nur auf den obersten Aesten, einzeln, hinter der Spitze vorjähriger Zweige, stets aufrecht. Nach der Samenreife zerfallen sie, indem die Zapfenschuppen sich mit den Samen von der stehen bleibenden Zapfenspindel loslösen. Die flachen Fruchtblätter sind wie bei Picea fast bis zur Basis in „Deckschuppe" und „Fruchtschuppe" gespalten, die Deckschuppen, im Gegensatz zu Picea, lang zugespitzt, nahezu so lang oder länger als die Fruchtschuppe, oft nach der Blütezeit sich stark verlängernd. Die männlichen Blüten sind wie bei Picea gebaut, die Pollensäcke springen aber mit Querspalt auf und die mit seitlichen Flugblasen versehenen Pollenkörner sind grösser als wie bei den Fichten. Die Samenreife ist einjährig. Die Samen sind gross, verkehrt kegel- oder keilförmig, mit bleibendem Flügel. Sämtliche Triebe sind Langtriebe, an denen die mehrjährigen Nadeln ohne Blattkissen einzeln sitzen und nach dem Abfallen eine ungefähr kreisrunde, im Niveau der Rinde liegende oder nur wenig hervorragende Narbe hinterlassen. Die linealen, am Grunde zusammengezogenen, mit kreisrunder, etwas verbreiterter Basis sitzenden Nadeln sind oberseits glatt, dunkelgrün, ohne Spaltöffnungen, unterseits mit grünem Mittelkiel und grünen Rändern und zwei mehr oder weniger weissen Spaltöffnungs-Streifen. Der zweiflächige Querschnitt der Nadel zeigt zwei annähernd kantenständige Harzgänge. Nach dem Vertrocknen der Zweige bleiben die meisten Nadeln am Zweige haften (Fruchtblätter und Nadeln verhalten sich bezüglich dieses Punktes also gerade entgegengesetzt wie bei der Fichte) und die abgeschnittenen Tannenzweige liefern deshalb ein vorzügliches Deck- und Schattenmaterial. Quirlknospen und Zwischenknospen ähnlich wie bei der Fichte, nur stehen die obersten Seiten(Quirl-)knospen stets in gleicher Höhe dicht neben der Endknospe, am Gipfeltrieb meist 4—5, am Ende der Seitenzweige in der Regel nur zwei, ebenso ist die Zahl der Zwischenknospen am Jahrestrieb meist eine viel spärlichere als wie bei der Fichte und die Verzweigung infolge dessen eine viel lockerere. Die Lebensdauer der Nadeln ist im allgemeinen eine längere, und die Krone infolge dessen sowie durch die meist zweizeilig ausgebreiteten, grösseren Nadeln ebenfalls sehr schattend. — Die Tannen sind immergrüne Waldbäume der nördlichen Halbkugel und streichen von der kühleren Hälfte des subtropischen Klimas (A. religiosa) durch alle Zonen bis zur alpinen; ihr Stamm ist einheitlich und streng pyramidal bis zu beendetem Höhenwuchs, dann richten sich die oberen Seitenäste, den Gipfeltrieb im Längenwachstum überholend, mehr oder weniger auf und bilden das sog. Storchennest (auch Adlerhorst genannt), eine für alte Tannen ausserordentlich charakteristische Erscheinung! Das Holz der Tannen (vergl. A. pectinata) enthält keine Harzkanäle

oder höchstens ganz vereinzelte, das Kernholz ist stets ungefärbt. Die Keimkraft des Tannensamens ist von sehr kurzer Dauer. Samen, welcher nicht von der letzten Ernte herrührt, ist wertlos[21]). Als Einteilungsprinzip der Tannen wurde früher das ganz unzuverlässige Längenverhältnis von Frucht und Deckschuppen benutzt; Mayr teilt die Tanne nach der Farbe der Zapfen unmittelbar vor der Reife in die Sektionen: Momi, Zapfen grün oder gelbgrün (A. pectinata, Nordmanniana, cephalonica, Pinsapo, concolor, numidica, cilicica, firma, umbilicata, bracteata, grandis, magnifica etc.), Pindrau, Zapfen blau-purpurrot (A. Webbiana, Pindrau, Veitchii, Mariesii, amabilis, nobilis, Fraseri, religiosa etc.), und Pichta, Zapfen olivengrün oder graugrün und graublau (A. Sacchalinensis, Pichta, balsamea, subalpina); am natürlichsten ist aber die Einteilung nach der Lage der Harzgänge in den Nadeln (Köhne), trotz mancher Abweichungen, namentlich bei fruchttragenden Zweigen. Zur sicheren Bestimmung junger Pflanzen ist das Mikroskop unerlässlich!

§ 36. I. Reihe. Harzgänge der Blätter nichtblühender Zweige an der Epidermis der Unterseite. Dickwandige, farblose (mechanische) Zellen wenigstens einige unterseits im Kiel, oder in den Seitenkanten, oder oberseits unter der Epidermis, nie im Centralstrang. (Bei der von allen andern Tannen durch ihre allseits abstehenden, starren fichtenähnlichen Nadeln leicht zu unterscheidenden A. Pinsapo liegen die Harzgänge im Parenchym, gleiche Lage hat Köhne an blühenden Zweigen von A. Nordmanniana und balsamea beobachtet; gänzliches Fehlen der mechanischen Zellen kommt bei A. grandis vor.)

1. Abies pectinata D. C. (A. alba Miller). Weisstanne, Edeltanne (franz. Sapin). Junge Triebe kurz rauhhaarig, grünlich. Knospen stumpfer und dicker als bei der Fichte, mit grünlichbraunen Schuppen, harzlos, nur die Endknospen des Stammes und kräftiger Zweige am Grunde oft mit Harz überzogen. Nadeln lineal, 2—3 cm lang und bis 3 mm breit, auf kurzen, an den Zweigen gedrehten, am Grunde scheibenförmig verbreiterten Stielchen, am Haupttrieb spitz, an Seitentrieben stumpf und spitzwinkelig eingeschnitten (bei jüngeren Pflanzen), stumpf ausgerandet oder ganz stumpf (an den oberen Zweigen älterer Bäume), an Seitenzweigen meist kammförmig gescheitelt, in der Wipfelregion älterer Bäume mehr oder weniger aufwärts gekrümmt, am Haupttrieb jüngerer Bäume mehr oder weniger allseits abstehend, bei mannbaren Bäumen allseits nach oben gekrümmt. Im Nadelquerschnitt liegen die beiden Harzgänge bei den Nadeln der unteren und mittleren Krone meist an der Hautschicht der Nadelunterseite, in der Wipfelregion älterer Bäume meist im Innern des grünen Parenchyms. Am Gipfeltrieb älterer Bäume haben die Nadeln auch auf ihrer Oberseite Spaltöffnungen. Wie bei der Fichte liegen im Centrum des Nadelquerschnittes zwei Gefässbündel, von farblosem Gewebe umgeben und so gegen das grüne Parenchym scharf abgesetzt. Die Blüten sind auf den oberen Teil der Krone beschränkt, und zwar tragen die Blütenzweige nur männliche oder nur weibliche Blüten; letztere stehen gewöhnlich an kräftigeren Trieben. Die gelben, cylindrischen männlichen Blüten stehen meist zu vielen beisammen, jede in der Achsel einer Nadel, auf der Unterseite ihrer Tragzweige. Die weiblichen Blüten bilden gelblich grüne Zapfen von 3—5 cm Länge und stehen einzeln auf der Oberseite ihrer Tragzweige, dem vorderen Ende derselben genähert. Die Deckschuppe ist zur Blütezeit weit grösser, als die von ihr vollständig verdeckte Fruchtschuppe, mehr oder weniger nach aussen gebogen und selbst etwas herabge-

21) Dies ist besonders beim Bezug von Samen exotischer Tannen zu bedenken, welcher deshalb nur von durchaus zuverlässigen Firmen unter Garantie letzter Ernte bezogen werden sollte: andernfalls geht gewöhnlich kein einziges Korn auf!

schlagen. Nach der Befruchtung wachsen die Fruchtschuppen zwischen den schmal bleibenden Deckschuppen hervor und sind am jungen Zapfen aussen bläulichgrün, innen, wie die Samen, teilweise schön carminrot. Der reife Zapfen ist aufgerichtet, walzenförmig, 7,5—17 (selten —30) cm lang und 3—5 cm dick, matt bräunlich, mit bald grünlichem, bald rötlichem oder violettem Ton an den Schuppenrändern. Die dürr gewordenen, zungenförmig gestreckten, oben etwas verbreiterten Deckschuppen ragen mit aufgerichteter oder umgeschlagener Spitze zwischen den breiten Fruchtschuppen hervor. Die dreikantigen, dunkelbraunen Samen sind bis 1 cm lang und bis 4—5 mm breit mit keilförmigem, schief abgestutztem, doppelt bis dreifach so langem, brüchigem, gelblich bis violettbraun gefärbtem glänzendem Flügel, dessen umgeschlagener Teil fast den ganzen Samen umhüllt. Die Samenschale ist teilweise durch Terpentinblasen höckerig aufgetrieben. Diese Blasen werden leicht zerdrückt und die Samen büssen dann an Keimfähigkeit ein, weshalb Tannensamen nicht in Säcken, sondern in festen Behältern, womöglich mit Häcksel oder Schuppen gemischt, versendet werden soll. Die Handelsware des Samens besteht grösstenteils aus Körnern, welche noch in dem unteren Teil des über ihnen abgebrochenen Flügels stecken. 1 Kilo enthält 19000—26000, im Durchschnitt 23000 derartige Samen. 24—30, im Mittel 27 Kilo gehen auf das Hektoliter.

Die Mannbarkeit tritt bei freiem Stande im 30., im Schlusse gewöhnlich erst mit dem 60.—70. Lebensjahre ein. Von da an kann in milden Lagen jedes 2. Jahr ein Samenjahr sein, in rauheren Lagen sind die Samenjahre seltener und wiederholen sich zuweilen erst nach je 5—8 Jahren. Die Blütezeit fällt ziemlich mit derjenigen der Fichte zusammen, im Süden des Gebiets Ende April, im Norden wie gegen die obere Grenze im Gebirge Mitte bis Ende Mai bezw. erste Hälfte Juni. Die Zapfenreife tritt gewöhnlich Ende September ein und gleich nachher, gewöhnlich im Oktober zerfallen die Zapfen; die kahlen Zapfenspindeln bleiben so lange am Baum, bis sie nach einigen Jahren durch Schneedruck, Sturm u. dgl. abgebrochen werden. Die Keimung der Samen erfolgt 3—4 Wochen nach der Aussaat, mit in der Regel 5—6 ca. 2—3 cm langen Keimblättern, die unterseits glänzend grün sind, auf der Oberseite zwei helle Spaltöffnungsstreifen tragen. Mit diesen Keimblättern alterniert, unmittelbar über ihnen stehend, ein Quirl von ebensovielen Primärblättern, die nur halb so lang sind und die Spaltöffnungsreihen auf der Unterseite tragen. Ueber den Primärblättern schliesst eine kleine Gipfelknospe den 1. Jahrestrieb ab. Im 2. Jahre bildet die Tanne einen kurzen aufrechten Trieb und endet mit einer Gipfel- und 1—2 Seitenknospen. Im 3. Jahre treiben die ersten Seitenknospen aus, aber auch in diesem und den nächstfolgenden Jahren ist das Wachstum des Stämmchens gering und richtet sich vornehmlich auf die Ausbildung eines oder mehrerer Seitenzweige, während namentlich das schon im 1. Jahre relativ kräftige Wurzelsystem ausgebildet wird. Bei günstigen Standorts- und Beleuchtungsverhältnissen wird der erste richtige Astquirl im 4. oder 5. Jahre, im Dunkel des Bestandes aber erst im 8.—10. Jahre gebildet. Auch nach erfolgter Astquirlbildung bleibt der Gipfeltrieb zunächst noch kurz, um dann allmählich an Länge zuzunehmen. Vom ca. 14. oder 15. Jahre ab kann der jährliche Längenzuwachs auf gutem Boden ca. 30 cm und mehr betragen. Ums 100. Jahr lässt der Höhenwuchs nach und mit 180—200 Jahren ist er in Kulturwäldern unter normalen Standortsverhältnissen abgeschlossen, worauf die Tanne wipfeldürr zu werden pflegt. (Die Ausbildung des „Storchennests“ ist ein Zeichen beendeten Höhenwuchses.) Mit 120 Jahren hat die Tanne im Durchschnitt eine Höhe von ca. 28 m erlangt, auf bestem Standort ca. 34 m. Im Urwald erreicht die Tanne in einzelnen Exemplaren ein vielhundertjähriges Alter (ca. 500 J., und als mächtigster unserer Waldbäume bis

zu 68 m Höhe bei 3,8 m Durchmesser; in den Pyrenäen gab es zu Anfang des 19. Jahrhunderts sogar noch 800jährige Bäume). Die Lebensdauer der Nadeln beträgt, ausgenommen an rel. lufttrockenen Standorten, 8 und selbst 11 Jahre; am Leittrieb haften dieselben gewöhnlich länger als an den Seitentrieben.

Die Verzweigung der Tanne erfolgt in ähnlicher Weise, wie bei der Fichte und der Stamm trägt eine durch sein Alter bestimmte Anzahl von noch schärfer wie dort hervortretenden Astquirlen, der Gipfeltrieb ist stets straff aufrecht, während derjenige der Fichte in der Jugend oft etwas verkrümmt erscheint. Während die Fichte ihre schwächeren Zweige und Zweigsysteme abwärts neigt oder sogar schlaff herabhängen lässt, breitet die Tanne ihr gesamtes Astwerk straff und schirmförmig aus und zeigt einen ausgesprochen etagenförmigen Bau. Auch bei freistehenden Bäumen reicht die Krone nicht so tief herab wie bei den Fichten und ist unten nie so breit wie dort. Im Bestandesschluss hat die Tanne wie die Fichte eine hoch angesetzte Krone und vollholzigen Stamm, der sich meist weiter hinauf von Aesten reinigt. Durch das „Storchennest“ ist die alte Tanne auffallend von der alten Fichte verschieden. Ein Teil der Achselknospen bleibt schlafend und treibt nur nach Verletzungen aus, daher die grosse Reproduktionsfähigkeit der Tanne. Die Rinde ist, im Gegensatz zu der Fichte, auch noch im Baumalter glatt, meist weissgrau, mit erbsengrossen beulenförmigen Anschwellungen (Terpentinblasen). Borkebildung tritt in der Regel nicht vor dem 40.—50. Jahre ein. Die Borkeschuppen sind teils eckig teils rundlich begrenzt und haben eine weissliche glatte, nicht wie bei der Fichte schilferige Oberfläche. Die Tannenrinde ist durchweg etwas dicker als die Fichtenrinde.

Die Bewurzelung dringt mehr in die Tiefe als diejenige der Fichte; wo es die Bodenverhältnisse gestatten, entwickelt die Tanne eine über einen Meter lange Pfahlwurzel und ist so sturmfester verankert. Auf flachgründigen Böden mit nahe an der Erdoberfläche anstehendem unzerklüftetem Felsgestein entwickelt auch die Tanne notgedrungen ein mehr tellerförmiges Wurzelsystem und wird dann vom Sturme gerade so geworfen wie die Fichte.

Das Tannenholz ist von gleichmässig heller Färbung (mit ungefärbtem Kernholze), mit dem Fichtenholz verglichen etwas mehr rötlich und weniger glänzend, wie dort mit sehr scharfen Jahrringgrenzen. Mikroskopisch ist das Tannenholz vom Fichtenholz leicht durch das Fehlen der Harzgänge im Holze (nur ausnahmsweise kommt einmal ein solcher vor) und durch die stets einreihigen Markstrahlen, die somit auf dem Tangentialschnitt nur eine einfache Reihe bilden, leicht zu unterscheiden. Der Radialschnitt zeigt, dass die Markstrahlzellen sämtlich gleichgestaltet sind, Parenchymzellen, ringsum einfach getüpfelt. Markstrahltracheiden, wie bei der Fichte, kommen nicht vor.

Das Verbreitungsgebiet der Tanne. Während die Fichte namentlich im nördlichen und nordöstlichen Teil Europas zu Hause ist und in den centraleuropäischen Gebirgen, findet die Tanne ihre vollkommenste Ausbildung im Süden und Südwesten Centraleuropas entsprechend ihrem höheren Wärmebedürfnis. Ihr Verbreitungsgebiet geht von den westlichen Pyrenäen bis nach Kleinasien und vom Südrande des Harzes bis nach Sicilien. Im nördlichsten Teile ihres natürlichen Verbreitungsbezirkes, so in Thüringen, Sachsen, der Lausitz, Schlesien, wächst die Tanne auch in der Ebene, sonst nur im Gebirge. Die grössten geschlossenen reinen oder fast reinen Tannenwälder finden sich in den Pyrenäen, dem südöstlichen Frankreich, im Jura, in den Vogesen und im Schwarzwalde, während sie in der nördlichen Schweiz, im bayrischen und Böhmerwald, in Thüringen und Sachsen nur kleinere Bestände bildet oder (Alpen und Karpathen, Erzgebirge, Riesengebirge, Sudeten) nur horstweise oder eingesprengt, vor-

wiegend mit Buche und Fichte gemischt, vorkommt. In den Gebirgen Oesterreichs, Deutschlands und der Schweiz bewohnt die Tanne vornehmlich die Buchenregion. Im Schweizer Jura (—1500 m), in den Pyrenäen (—1950 m), in Südeuropa (Apenninen —1800 m, Sicilien —1950 m) geht sie bis zur Grenze des Baumwuchses. Im Thüringerwalde und Erzgebirge steigt sie bis 800 m, in den nördlichen Karpathen —1100, im Riesengebirge, im bayrischen Wald und in den Vogesen über 1200 m, im Schwarzwald, der nördlichen Schweiz und südlichen Karpathen bis 1300 m; in den bayrischen Alpen —1500 m, im Berner Oberland —1600 m, während ihre untere Grenze im bayrischen Walde bei 300 m, in Vogesen und Jura bei 500—600, der Schweiz bei 700, den französischen Pyrenäen bei 1360 m beobachtet wurde. Wie die Fichte ist auch die Tanne west- und nordwärts weit über die Grenzen ihres natürlichen Gebietes hinaus verbreitet (ganz Frankreich, Belgien, norddeutsche Ebene, z. B. Oldenburg, England und das südliche Skandinavien). In den Gebirgen Griechenlands ist die Weisstanne durch A. cephalonica, im Kaukasus durch A. Nordmanniana ersetzt.

Bezüglich ihrer Standortsansprüche und Lebensbedingungen verhält sich die Tanne nahezu umgekehrt wie die Fichte, sie ist einer der anspruchsvollsten Waldbäume. Entsprechend ihrer tiefgehenden Bewurzelung verlangt sie zu freudigem Gedeihen einen namentlich auch in den tieferen Schichten frischen Boden, während ihr trockener wie nasser Boden nicht zusagt. Ebenso sind ihre Anforderungen an die Feuchtigkeit der Luft hohe, wenn auch nicht so gross, wie bei der Fichte. Ihr Bedarf an wertvollen Aschenbestandteilen ist bedeutend, da sie im Stammholze $2^1/_2$—$3^1/_2$ mal mehr Kali und $1^1/_2$—$1^3/_4$ mal mehr Phosphorsäure als die anspruchslose Kiefer enthält. Für ihr Gedeihen ist ein mässiger Tongehalt des Bodens Bedingung, der bei genügender Lockerheit des Bodens die erforderliche Frische erhält, ohne Rücksicht auf die geognostische Herkunft desselben. Am besten sagt ihr ein tiefgründiger sandiger Lehmboden zu. In den tieferen Lagen ihres Verbreitungsgebietes bevorzugt sie die nordwestlichen bis östlichen Abdachungen, in den höheren Gebirgslagen die südwestlichen bis südöstlichen Hänge. — Durch ihren dichten Kronenschirm schützt sie den Boden in unvergleichlicher Weise gegen die austrocknende Wirkung von Sonne und Wind. In gleicher Weise wirkt der dichte Moosteppich, welcher sich vom höheren Stangenholzalter an unter ihr entwickelt, als Schutzdecke gegen die Austrocknung des Bodens. Nächst der Eibe hat die Tanne das geringste Lichtbedürfnis unter allen einheimischen Holzarten, wie sich aus ihrer reichen Zweig- und Nadelbildung, der fächerförmigen Stellung der zweiflächig benadelten Triebe und dem daraus resultierenden sehr dichten Kronenschirm sowie aus ihrem dichten Bestandesschluss bei unerreichtem Massenreichtum ergibt. Die ausserordentliche Zählebigkeit der Tanne beweisen auch die unter der Beschattung älterer Bäume als Vorwüchse stehenden kleinen Tannen, die bei äusserst beschränktem Lichtgenusse bis 30 Jahre und mehr die Fähigkeit, bei entsprechender Lichtstellung zu kräftigen Bäumen auszuwachsen, bewahren und als Zwerge von ca. 1 m Höhe fünfzig Jahre und länger ihr Leben fristen können. Das Wundheilungsvermögen der Tanne ist sehr beträchtlich und viel grösser als dasjenige der Fichte.

§ 37. Die Variationsfähigkeit der Tanne ist viel geringer als diejenige der Fichte. Folgende Spielarten, welche den bei der Fichte beschriebenen entsprechen, sind wildwachsend gefunden worden, sowie a) als Varietät, A. pectinata Var. Equi Trojani Ascherson et Sintenis auf dem Kar Dagh, dem Ida der Alten, in Kleinasien, deren Zapfen breiter als bei der Hauptart und sehr hervorragende Deckschuppen besitzen und deren Nadeln gespitzt, an der Spitze etwas breit, fast ausgerandet sind. Diese Varietät scheint eine Uebergangsform zu A. Nordmanniana und

A. cephalonica zu sein. b) Spielarten:

b 1. Lusus pendula Carr. Hänge- oder Trauertanne mit hängenden, zum Teil den Stamm völlig verdeckenden Aesten, in den Vogesen bei Gebweiler und bei Friedeburg in Ostfriesland.

b 2. Lusus virgata Casp. Schlangentanne, mit langen, wenig zahlreichen, horizontalen, dicht benadelten, aber nur an der Spitze spärlich verzweigten Aesten. Bisher nur je ein Baum bei Ober-Ehnheim und Bannstein im Elsass, bei Weisenbach in Baden, im Böhmerwald und bei Fleurier im Neuenburger Jura beobachtet.

b 3. Lusus monocaulis Conwentz. Astlose Tanne, ganz unverzweigt, ein 8jähriges 1 m hohes Exemplar 1897 in Ostpreussen (Bischofsburg).

b 4. Lusus fastigiata Hort (pyramidalis Carrière, columnaris Carr.), Säulentanne. Blätter nicht gescheitelt, Aeste aufrecht, angedrückt, Wuchs daher wie bei der Pyramidenpappel. Im Département Isère in Frankreich und bei Liebenzell in Württemberg.

b 5. Lusus tuberculata mihi. Warzentanne, Stamm mehr oder weniger dicht mit kegel- oder warzenförmigen Korkwucherungen bedeckt, die bis 10 cm Höhe erreichen und aus abwechselnden Schichten von Phelloid und Schwammkork zusammengesetzt sind. Nur zweimal gefunden, in Saybusch in Galizien und in zwei starken Bäumen bei St. Ulrich im badischen Schwarzwald.

Der bei der Weisstanne so häufige „Hexenbesen" ist hier bekanntlich eine krankhafte Erscheinung, durch den Rostpilz Aecidium elatinum hervorgerufen, dessen zugehörige Uredoform auf Sileneen, bes. Stellaria nemorum, lebt. Von Wuchsformen kommen Verbisstanne gelegentlich, vor allem aber die Candelaber- und die Wettertanne, wie bei der Fichte vorwiegend in höheren Gebirgslagen vor. Ich charakterisiere diese letztere am besten mit den Worten Christ's[22]) und zwar, da der Ausdruck gleichmässig für Fichten wie Tannen gebraucht wird, beide an dieser Stelle: „Die höchsten Fichten hingegen, welche frei auf der Alpentrift wachsen, haben fast stets ein ganz anderes Aussehen; es sind Prachtgestalten von höchster Individualität: die Wettertannen, Schermtannen, Gogants der westromanischen Alpen. Von langen, weissgrauen Bartflechten (Usnea) behangen, die dem Baum das Aussehen einer bleichenden, von Silberhaar umwallten Greisengestalt verleihen, stehen sie da, einzeln, in weiten, von keinem jungen Nachwuchs vermittelten Entfernungen, aber wetterfest und gedrungen . . . ., sie bieten dem Vieh gegen das Unwetter und den Sonnenbrand trefflichen Schirm." „In den Alpen, einzeln auch im Jura, tritt die Weisstanne auch als Wettertanne auf und bietet dann die prachtvollsten Formen. Denn wenn der Wipfel abgestorben, so treibt erst recht der lebenskräftige Baum aus den unteren Aesten ganze Reihen von Aesten zweiter Ordnung auf, die pfeilgerade den mächtigen wagrechten Aesten entwachsen: ein Candelaber von wundersamem Reiz. Bis 20 solcher Astausschläge habe ich in den Alpen des kleinen Melchtals an einem einzigen wipfeldürren Riesenbaum gezählt." Dem habe ich auf Grund eigener zahlreicher Beobachtungen im deutschen Mittelgebirge wie in den Alpen noch hinzuzufügen, dass sich die richtigen Wettertannen der Fichte wie der Tanne durch auffallend zahlreiche und zum Teil auffallend starke Aeste erster Ordnung auszeichnen, also von Hause aus jedenfalls besonders kräftig organisierte Individuen sind, die zudem durch das in ihrem Schatten lagernde Weidevieh regelmässig und gut gedüngt werden. Mehrfache bis vielfache Sekundärwipfelbildung kommt nach meinen Beobachtungen bei Fichte wie bei Tanne häufig vor und zwar bei abgebrochenem wie bei aushaltendem Hauptstamm. Hervor-

---

22) H. Christ, Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1882. p. 217 und 220.

ragende Exemplare solcher Wetterfichten stehen z. B. auf der Zalünalp bei Brand in Vorarlberg, am Abhang der kleinen Scheidegg gegen Grindelwald, bei Stiegleschwand (Adelboden)[23], bei St. Antönien[24]; eine grössere Anzahl prachtvoller Wettertannen verschiedenster Gestalt[25]) oberhalb St. Cergues (bei Nyon am Genfer See), deren stärkstes Exemplar (ohne Sekundärwipfel) 1901 in Brusthöhe einen Stammumfang von 7,38 m hatte.

§ 38. 2. Abies Nordmanniana Spach. Nordmannstanne. Diese im westlichen Kaukasus und den angrenzenden Gebirgen Kleinasiens einheimische Tanne besitzt den Habitus einer besonders üppigen Weisstanne. Sie unterscheidet sich von letzterer durch ihre stärkeren Nadeln, welche bis 3 cm lang werden und an den Zweigen jüngerer Pflanzen nicht zweizeilig gekämmt sind, sondern nach oben und den Seiten aufrecht abstehen und mit weit stärkerer Drehung an ihrer Basis die Zweigoberseite meist vollständig decken; an den Zweigen älterer Bäume stehen sie unregelmässig zweizeilig. Kräftige Seitenzweige entwickeln gewöhnlich einen dreigliedrigen Knospenquirl, je eine Knospe nach rechts, links und unten, und verzweigen sich auch demgemäss. Junge freistehende Bäume zeichnen sich vor der Weisstanne durch ihre bis zum Boden reichende und im unteren Teile auffallend dichte Krone aus. Rinde schwarzgrau, Zapfen (—15 cm lang), Samen (im Durchschnitt 13500 aufs Kilo), Keimlinge, Holz und Rinde der Weisstanne sehr ähnlich. In der Jugend sehr trägwüchsig, erwächst sie mit 100 Jahren zu —36 m hohen Bäumen. — Standortsansprüche ähnlich, aber etwas geringer wie bei der Weisstanne; Nordmannstanne verlangt immer grosse Bodenfrische und gedeiht noch vortrefflich auf besseren Kiefernböden, sie treibt ca. 14 Tage später aus als die Weisstanne, ist somit der Gefahr der Frühjahrsfröste weit weniger ausgesetzt, wird aber vom Wilde wie kaum eine zweite Holzart in der Jugend verbissen und ist gegen trockenen Ostwind in der Jugend empfindlich, namentlich im Freistand. Infolge ihres trägen Jugendwuchses wird sie gewöhnlich erst 6jährig in den Wald gepflanzt. — Hervorragender Zierbaum, ca. 1848 in Europa eingeführt.

3. Abies cephalonica Link. Griechische Weisstanne. Jüngste Triebe kahl, bräunlichgrün, Knospen mit glänzendem Harz dünn überzogen, Nadeln glänzendgrün, 14—28 mm lang, steif, flach, lanzettförmig, stechend spitz und ziemlich allseitig von den Zweigen abstehend. — Diese in den Gebirgen Griechenlands und auf den jonischen Inseln heimische sehr dekorative Tanne wird bis 25 m hoch, ist ähnlich wie Nordmanniana bis zum Boden beastet, treibt aber frühe aus und kommt bei uns fast nur als Zierbaum in einigermassen geschützten Lagen vor. Bei Triest wurde sie mit Erfolg zur Bewaldung des Karstes angepflanzt.

4. Abies Pinsapo Boissier. Spanische Weisstanne. Jüngste Triebe kahl, gelblich. Knospen harzig. Nadeln 8—12 (16) mm lang, dick, stumpflich-stechend, sehr dicht, mit auffallend verbreiterter, nicht gedrehter Basis, allseits starr vom Zweige abstehend, dunkelgrün, mit wenig in die Augen fallenden weisslichen Spaltöffnungslinien beiderseits. — Diese dickstämmige, sehr dekorative Tanne ist in den Gebirgen Malagas in Südspanien heimisch, erreicht dort ca. 25 m Höhe, kommt bei uns aber nur als Parkbaum in sehr luftfeuchten, milden und geschützten Lagen als schnellwüchsiger, tief beasteter Baum fort.

5. Abies numidica de Lannoy. Numidische Weisstanne. Jüngste Triebe kurz rauhaarig. Knospen harzig. Nadeln (12) 16—22 mm lang, —2½ mm breit, an der Spitze ausgerandet, an der Zweigunterseite gescheitelt, an der Oberseite

23) Baumalbum der Schweiz.
24) Abgebildet bei Schröter, Vielgestaltigkeit der Fichte p. 100.
25) Baumalbum der Schweiz.

allseits abstehend (ähnlich wie bei Pinsapo); Nadelunterseite mit zwei bläulichen, aus etwa zehn Spaltöffnungsreihen bestehenden Streifen[26]). Deckschuppen am reifen Zapfen zwischen den Fruchtschuppen versteckt. — In den Gebirgen Algeriens mit der Atlas-Ceder heimisch, bis 20 m Höhe erreichend, bei uns nur als ziemlich winterharter Zierbaum. 1862 in Europa eingeführt.

6. Abies cilicica Carrière. Cilicische Weisstanne. Jüngste Triebe gelblich, glatt. Knospen harzig. Nadeln (15) 25—35 mm lang, $1^1/_3$—$2^1/_2$ mm breit, steif, stumpf oder gekerbt. Die bläulichen Spaltöffnungsstreifen aus etwa sieben Spaltöffnungsreihen bestehend, sonst wie A. numidica. — Hochgebirgstanne Kleinasiens, oft mit der Libanonceder ausgedehnte Bestände bildend, 20—30 m Höhe erreichend, bei uns nur Zierbaum mit sehr dichtzweigiger, spitzpyramidaler Krone, wegen frühen Austreibens durch Spätfröste gefährdet. 1853 in Europa eingeführt.

7. Abies Webbiana Lindley. Sikkims Silbertanne. Himalayatanne. Jüngste Triebe dicht rostbraun behaart, stärkere wenigstens in den Vertiefungen. Nadeln sehr dicht, durchschnittlich 4 cm lang, an der Spitze gekerbt, unterseits kreideweiss, auf beiden Seiten der Zweige gescheitelt, an üppigeren Trieben fast allseitig. Zapfen 12—17 cm lang, 4—6 cm dick, schön sattblau, mit versteckten Deckschuppen. Krone breit schirmförmig. — Diese, im nordwestlichen Himalaya heimische, bis 50 m Höhe erreichende prachtvolle Tanne, 1822 in Europa eingeführt, treibt sehr frühe aus und gedeiht deshalb nur in den mildesten Lagen, z. B. in Bozen nach Tubeuf.

8. Abies Pindrau Royle (gew. Pindrow geschrieben). Pindrau-Tanne. Vielfach nur als Varietät von Webbiana betrachtet, nach Mayr aber deutlich durch die kahlen jungen Triebe und die längeren (—9 cm) unterseits nur unbedeutend helleren Nadeln, längere Zapfen und auffallend spitz zulaufende Krone deutlich unterschieden. — Diese gleichfalls im nordwestlichen Himalaya heimische, 1837 in Europa eingeführte prächtige Tanne ist, wenigstens in der Jugend, gegen Frühjahrsfröste gleichfalls sehr empfindlich.

9. Abies amabilis Forbes. Purpurtanne. Jüngste Triebe behaart. Nadeln 23—28 mm lang, dicht gedrängt, an jungen Pflanzen die oberen kürzer als die unteren, die Oberseite der Zweige ähnlich wie bei Nordmanniana deckend, an Zapfen tragenden Zweigen so gedreht, dass die Unterseite mit den weissen Spaltöffnungsstreifen nach oben kommt. Zapfen dunkelpurpurn, 10—14 cm lang und bis 7 cm dick, meist jedoch nur 8 : 5 cm, mit versteckten Deckschuppen. — Ein prachtvoller, bis 60 m hoher Baum vom Cascaden-Gebirge Nord-Amerikas, 1831 in Europa eingeführt, hier vielfach mit A. magnifica verwechselt, sehr selten in grösseren Exemplaren. In luftfeuchten, einigermassen geschützten Lagen voraussichtlich hart.

10. Abies grandis Lindley et Gordon. Grosse Küstentanne. Jüngste Triebe gelbbraun, mit sehr feinen, kurzen Härchen zerstreut bekleidet (Köhne), glatt (Beissner). Knospen violett, harzglänzend, Nadeln 3—$5^1/_2$ cm lang, lineal, gerade, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits mit blassen oder weissen Spaltöffnungsstreifen, auf der oberen Triebseite kürzer wie auf der unteren, auffallend zweizeilig gescheitelt. Mechanische Zellen unter der Oberseite, die bei allen vorstehenden ausländischen Arten oberseits eine lückenlose oder nur wenig unterbrochene Schicht bilden, hier unter der Epidermis sehr vereinzelt und selbst ganz fehlend. Zapfen mit versteckten Deckschuppen ca. 10 cm lang und 4 cm dick,

26) Dieses Merkmal lässt sich sehr leicht feststellen, wenn man eine Nadel, die Unterseite nach oben gewendet, bei auffallendem Lichte und ganz schwacher Vergrösserung unter dem Mikroskop untersucht!

vor der Reife grünlich. — Diese vorzugsweise auf die nördliche pacifische Küste beschränkte Tanne ist nach Engelmann wahrscheinlich die grösste bekannte Tanne, die auf feuchteren Standorten in Gesellschaft von Erlen und Pappeln 60—92 m Höhe erreicht. 1831 in Europa eingeführt, ist sie seit einigen Jahren mit amabilis und nobilis in den Kreis der preussischen Anbauversuche einbezogen worden. Sie beansprucht eine ziemliche Menge von Bodenfeuchtigkeit.

11. A. magnifica Murray. Shastatanne. Nadeln steif, 15—35 mm lang, alle gleich gross, 1½ mm breit, beiderseits mit Spaltöffnungsstreifen, matt bläulich (jüngere gelbgrün), auf der Zweigoberseite sichelförmig aufgekrümmt und den Zweig dicht bedeckend, stets niedergedrückt vierkantig mit meist einfachem Gefässbündel im Centralstrang. Zapfen sehr dickwalzig, 15—20 cm lang, 8—9 cm dick, mit versteckten Deckschuppen, vor der Reife grünlich. — Diese im Shastagebirge Californiens ausgedehnte Waldungen bildende, bis über 60 m Höhe erreichende, schöne Tanne wurde 1851 in Europa eingeführt, ist hier spättreibend, in der Jugend langsam wüchsig, aber leider nur in einigermassen geschützten Lagen hart.

12. A. concolor Lindley et Gordon. Coloradotanne, amerikanische Silbertanne. (Syn. A. lasiocarpa Lindl.) Jüngste Triebe violett-gelbgrün. Rinde hellgrau. Nadeln biegsam, ziemlich locker, sehr lang, 3—8 cm, beiderseits gleichfarbig, matt graugrün, an Seitentrieben nach der Oberseite des Triebes gekrümmt (im Schatten sind die Nadeln oft flacher angeordnet, ohne weissliche Streifen auf der Oberseite). Zapfen vor der Reife grünlich, 7—14, durchschnittlich 7 cm lang und 4—5 cm dick mit versteckten Deckschuppen. — Dieser Gebirgsbaum Californiens und Colorados, an der Grenze der gemässigt warmen und kühlen Region heimisch, verlangt ein ziemliches Mass von Luft- und Bodenfeuchtigkeit und erreicht an den günstigsten Standorten seiner Heimat riesige Höhen, bis 75 m bei nur 1,8 m Durchmesser (Mayr). 1851 in Europa eingeführt, ist diese durch ihre silbergrüne Färbung einzig schöne Tanne wenigstens in der Jugend die raschwüchsigste unter den eingeführten Abiesarten, völlig frosthart und ziemlich spät austreibend. Sie liebt kräftigen, milden, frischen, selbst etwas feuchten Boden und ist nur gegen zu tiefes Einpflanzen wegen ihrer flach streichenden Faserwurzeln etwas empfindlich.

13. Abies nobilis Lindley. Pacifische Edeltanne. Jüngste Triebe rotbraun, dicht kurzhaarig. Nadeln sehr dicht, 11—33 (bis 40) mm lang, 1½ mm breit, dicklich flach, an der Spitze meist schwach ausgerandet, beiderseits durch Spaltöffnungsstreifen matt blaugrün, oberseits meist mit Längsrinne, an der Trieboberseite dem Zweige anliegend, nur halb so lang als die Nadeln der Unterseite, die vielfach nach oben gekrümmt sind; Gefässbündel des Centralstrangs einfach wie bei magnifica. Der walzenförmige Zapfen in der Heimat durchschnittlich 12,5 cm lang, 5,5 cm dick, an kultivierten Exemplaren bis 25 cm lang und 8 cm dick, vor der Reife schieferschwarz, reif durch die grossen, breiten, herabgeschlagenen Deckschuppen fast völlig verdeckt. — Im Cascadengebirge Oregons einheimisch und dort mit amabilis ausgedehnte Waldungen bildend, erreicht diese herrliche Tanne in günstigsten Lagen bis 92 m Höhe. 1831 in Europa eingeführt, an guten Weisstannenstandorten winterhart, spät austreibend. Aus Samen ziemlich schwer aufzuziehen und empfindlich; die veredelten Exemplare der Handelsgärtnereien zeichnen sich zumeist durch sehr unregelmässigen Wuchs aus.

14. Abies bracteata Don. Santa Luciatanne, von allen anderen Tannen dadurch ausgezeichnet, dass das 2,5—4 cm lange, 1,5 mm breite Mittelstück der Deckschuppen die ursprüngliche Nadelform beibehalten hat. Der ca. 9 cm lange und 4,5 cm dicke Zapfen bekommt durch diese schief abstehenden Deck-

schuppen ein igelartiges Aussehen. Nadeln ca. 5 cm lang, 2—3½ mm breit, oberseits glänzend grün, unterseits mit zwei breiten weissen Streifen, stechend spitz. — Im Santa Luciagebirge des südlichen Californiens heimisch, bis 60 m hoch, 1853 in Europa eingeführt, nur als Parkbaum in sehr milden und luftfeuchten Lagen zu kultivieren.

15. Abies arizonica Merriam. Arizonische Korktanne. 1896 in den Hochgebirgen Arizonas aufgefunden, mit bläulichgrüner Benadelung und schneeweisser-rahmweisser, birkenähnlicher Korkrinde. 1900 in Europa eingeführt, dürfte diese „Königin der Tannen" jedenfalls hohe Ansprüche an Luftfeuchtigkeit stellen.

§ 39. II. Reihe. Harzgänge der Blätter nicht blühender Triebe im Parenchym. Nadeln stets oberseits glänzend dunkelgrün, mit Längsrinne, unterseits mit 2 weissen Spaltöffnungsstreifen. Knospen stets (meist sehr stark) mit Harz bedeckt.

A. Keine mechanischen Zellen im Zentralstrang der Blätter.

16. Abies subalpina Engelmann. Westamerikanische Balsamtanne. Nadeln mit bläulichem Schimmer, 15—28 mm lang, meist kaum über 1 mm breit, auf der Oberseite kürzer und den Zweig deckend, auf der Unterseite gescheitelt; weisse Streifen der Unterseite aus ca. je 5 Spaltöffnungsreihen gebildet; mechanische Zellen oberseits in der Mitte zerstreut, im Kiel und in den Kanten eine ununterbrochene Schicht bildend. Zapfen ca. 9 cm lang, 3½—4 cm dick, vor der Reife olivengrün mit versteckten Deckschuppen. — Zerstreut in der alpinen Region (bis zur Baumgrenze) des nordwestlichen Amerikas, bis über 30 Meter Höhe erreichend. Ca. 1850 in Europa eingeführt; dekorativer, harter Parkbaum.

17. Abies Fraseri Lindley. Frasers-Balsam-Tanne. Junge Triebe zottig behaart. Nadeln dunkelgrün, 10—25 mm lang, etwas breiter als bei voriger; die weissen Streifen aus je 8—12 Spaltöffnungsreihen gebildet; mechanische Zellen oberseits in kaum unterbrochener Schicht, sonst wie bei voriger (Unterschied von der sehr ähnlichen balsamea-Nadel!). Zapfen klein 3—5 : 2 cm, vor der Reife blauschwarz, durch die zurückgeschlagenen Deckschuppen fast ganz verdeckt. — Nur auf wenigen der höchsten Abhänge des Alleghaniegebirges von Carolina und Tenessee zwischen 1600 und 2000 Meter heimisch und dort öfter bedeutende Wälder bildend Kurzlebiger Baum von höchstens 24 Meter Höhe, dessen Rindenbeulen ebenfalls Canadabalsam liefern. 1811 und neuerdings wieder in Europa eingeführt.

18. Abies balsamea Miller. Balsam-Tanne. Rinde glatt, schwarzgrau, mit vielen Canadabalsam liefernden Harzbeulen. Junge Triebe kurz rauhhaarig. Knospen dick mit glänzendem Harz überzogen. Nadeln 13—28 mm lang, 1½ mm breit, unregelmässig zweizeilig, öfters sichelförmig aufwärts gebogen, durchaus, wie die folgende, ohne mechanische Zellen, gerieben ausserordentlich aromatisch; die meisten Streifen der Unterseite aus 5—6 Spaltöffnungsreihen. Zapfen vor der Reife olivengrün 6—10 : 2½ cm, mit versteckten Deckschuppen. — Der in den Nordstaaten der Union vom atlantischen bis stillen Ozean auf Bergen wie in sumpfigen Lagen weit verbreitete Baum erreicht gewöhnlich nur eine Höhe von 15 Meter (selten über 25); 1697 in Europa eingeführt, harter Parkbaum.

19. Abies sibirica Ledebour. Sibirische Tanne (Syn. A. Pichta Forbes). Knospen wie bei balsamea. Nadeln 15—30 mm lang, kaum über 1 mm breit, weich, gerieben aromatisch, sehr dicht stehend, an jüngeren Trieben oberseits sich deckend, an älteren gescheitelt; weisse Streifen der Unterseite aus 3—4 Spaltöffnungsreihen bestehend. Zapfen ähnlich wie bei voriger, etwas kleiner. — Der im nordöstlichen Russland und in Nordasien bis zum Polarkreise Wälder bildende Baum mit schlaff abwärts hängenden Aesten hat schmale kegelförmige Krone und wird

bis 40 Meter hoch; 1820 in Europa eingeführt, bleibt sie hier viel kleiner und trägwüchsiger; äusserst winterharter zierlicher Parkbaum, besonders für kühle, frische und luftfeuchte Lagen. In der Ebene frühzeitig austreibend. Zu forstlichen Anbauversuchen nur in den Alpen oberhalb der Fichten- und Tannengrenze verwendet.

20. Abies Veitchii Lindley. Veitchtanne. Rinde bleibend hellgrau. Junge Triebe behaart. Nadeln sehr dicht stehend, 15—28 mm lang, $1^1/_2$ bis gut 2 mm breit, aus ein und demselben Triebe alle gleich lang, an Seitentrieben jüngere Pflanzen alle nach vorn gerichtet, an älteren die Nadeln der Zweigunterseite aufwärts gekrümmt; unter der Blattepidermis vereinzelt mechanische Zellen; weisse Streifen der Unterseite kreideweiss, aus ca. 10 Spaltöffnungsreihen gebildet. Zapfen entweder 5:2 cm, dunkelblau mit zurückgebogenen, rötlichen Deckschuppen (F. typica), oder 6—$6^1/_2$: 2,3 cm mit versteckten Deckschuppen (var. Nikkoënsis). — Waldbaum zentraljapanischer Gebirge um 2000 M. von 30—40 Meter Höhe; 1879 in Europa eingeführt, neuerdings, wie die folgenden ab 22 wieder v. Mayr in Bayern versuchsweise angebaut. Prächtige, etwas früh treibende Schmucktanne, in Gärten vielfach mit brachyphylla verwechselt, deren Samen früher unter dem Namen A. Veitchi verbreitet wurden.

B. Im Zentralstrang der Blätter eine grosse Gruppe mechanischer Zellen unter, eine kleine über den beiden Gefässbündeln.

21. Abies sacchalinensis Masters. Sacchalintanne. Nadeln 20 bis 40 mm lang, oben gekerbt, 1—2 mm breit, von der Zweigoberseite nach den Seiten hin länger werdend, nicht gescheitelt; unter der Epidermis der Oberseite mechanische Zellen zerstreut, in den Kanten und dem Kiel in einer schmalen Reihe. Zapfen 6 bis 10 cm lang, 2—3 cm breit, cylindrisch, allmählig zugespitzt, dunkel olivgrün, entweder (F. typica) mit hell gelbgrünen, weit vorstehenden und wie bei A. Fraseri zurückgeschlagenen, oder (var. nemorensis Mayr) mit versteckten Deckschuppen. — Der der Veitch-Tanne nahestehende Waldbaum ist auf der Insel Sacchalin, den Kurilen und der Insel Eso in Japan heimisch, erreicht bis 40 Meter Höhe; 1897 in Europa eingeführt, winterharter Parkbaum.

22. Abies firma Siebold et Zuccarini. Momitanne (syn. A. bifida). Nadeln unterseits hellgrün, 14—35 mm lang, $2^1/_2$—$3^1/_4$ mm breit, steif, derb lederartig, lineal-lanzettlich, meist tief 2spitzig, gescheitelt, von allen anderen Tannenarten sofort durch die zu wenigen bis vielen im Parenchym zerstreuten sehr dickwandigen mechanischen Zellen zu unterscheiden. Zapfen bei der Reife gelbgrün, 8—15 cm lang, $3^1/_2$—5 cm dick, mit vorstehenden, aufrechten Deckschuppen. — Diese grösste (— 50 M.) und schönste Tanne Japans, auf der Hauptinsel Hondo in der Kastanienzone heimisch, erwächst nur in dichtem Schlusse zu geraden Bäumen, und zeichnet sich durch besonders starke Seitenwurzeln aus; sie ist anspruchsvoller an Wärme als die europäische Tanne, namentlich sind junge Pflanzen sehr frostempfindlich. 1861 in Europa eingeführt, früher austreibend als unsere Weisstanne, vom Reh nicht verbissen, in Preussen versuchsweise angebaut, als Parkbaum nur für milde luftfeuchte Lagen geeignet.

23. Abies umbilicata Mayr. Mitzumine-Tanne. Zwischen firma und homolepis stehend, jung von letzterer kaum zu unterscheiden. Nadeln unterseits nicht so kreideweiss, wie bei homolepis. Zapfen unmittelbar vor der Reife grüngelb mit versteckten Deckschuppen, 8—10 : 4 cm, am oberen Ende mit nabelförmiger Spitze (wie bei der Atlasceder). — Seltene Tanne aus der Buchenregion Japans, der homolepis an Höhe nicht nachstehend. 1890 in Deutschland eingeführt.

24. Abies homolepis Siebold et Zuccarini. Nikko-Tanne. (Syn. A. brachyphylla Max.) Junge Triebe kahl, glänzend, hell ockerfarben. Nadeln

unterseits reinweiss, dadurch schon im 1. Jahre von Momi unterschieden, 13—35 mm lang, meist ca. 1,5, seltener 2 mm breit, meist kurz zweispitzig, auf der Zweigoberseite tief grabenförmig gescheitelt, nach den Seiten zu stufenweise vergrössert, am Leittrieb rechtwinkelig abstehend, einfachspitzig. Zapfen walzig, 9,5 : 3,5 cm, unmittelbar vor der Reife dunkelblau, später verblassend, mit versteckten Deckschuppen. — In der Buchenregion der Hochgebirge des mittleren Japan waldbildend, verspricht dieser sehr dekorative, bis 40 Meter Höhe erreichende Baum in Deutschland überall zu wachsen, wo Eichen und Buchen vorkommen. 1870 in Europa eingeführt.

25. Abies Mariesii Masters. Maries- oder Aomori-Tanne. Junge Triebe chocoladebraun, dicht behaart. Nadeln 15—25 mm lang, 1,5—2 mm breit, im oberen Drittel am breitesten, oberseits dunkelgrün glänzend, wie lackiert, an 2- und mehrjährigen ist die weissliche Farbe der Spaltöffnungsstreifen fast verschwunden und die Nadelunterseite grüngelb, am Leittrieb dem Triebe angedrückt. Zapfen tonnenförmig, am oberen Ende eingedrückt, dunkelblau, sammetig schimmernd, mit versteckten Deckschuppen. — Kleinste Tanne (—25 M.) der gemässigt kühlen Region von Nord-Hondo.

§ 40. Tsuga, Hemlockstanne. Zweige und Gipfeltriebe nickend, keine Astquirle. Nadeln meist flach, einzeln auf Blattkissen an Langtrieben, mit nur einem Harzgang im Kiel (unter dem Gefässbündel). Zapfen klein, hängend, als Ganzes abfallend, Fruchtschuppen lederig, am Rande verdünnt. Deckschuppen versteckt. Samen (wie bei Abies) mit Harzbläschen und bleibendem Flügel. — 7 Arten in Ost- und Süd-Asien und Nord-Amerika. Schattenhölzer. Holz ohne Harzkanäle, mit dunklerem Kernholz, Markstrahlen wie bei der Fichte.

1. Tsuga canadensis Carrière. Hemlockstanne. Schierlingstanne. Ein Waldbaum frischer und nasser Lagen des kälteren Nordamerika, 20—30 Meter Höhe erreichend, 1736 in Europa eingeführt, völlig winterhart. Junge Triebe dicht zottig. Nadeln, besonders oberwärts fein gesägt, stumpf, auf der Oberseite kurz, dem Zweige anliegend, auf der Unterseite 10—15 mm lang, gescheitelt. Zapfen 1,7—2,5 cm lang, Samenflügel kaum $1^1/_3$ mal so lang wie der Samen. — Verbreiteter zierlicher Parkbaum, der freistehend zur Zerteilung des Hauptstammes neigt.

2. Tsuga Mertensiana Carrière. Westliche Schierlingstanne Schlanker Waldbaum des westlichen Nordamerika, 30—70 Meter Höhe erreichend, von canadensis durch den die Schuppen weit überragenden Stiel der männlichen Blüte (bei c. in den Schuppen versteckt) und den Samenflügel, der doppelt so lang wie der Same, verschieden. Belaubung üppiger aber weniger hart. 1851 in Europa eingeführt.

3. Tsuga Sieboldi Carrière. Ein bis 30 Meter Höhe erreichender Waldbaum Japans, der aber nur bis zur Buchenregion emporsteigt und, 1851 in Europa eingeführt, sich nur für milde Lagen (wärmeres Eichenklima) eignet. Zweige hellgrün, nackt, Nadeln wie bei der folgenden ganzrandig, an der Spitze meist stark ausgerandet. Zapfen mit vorragendem Stiel.

4. Tsuga diversifolia Maximovicz. Waldbaum Japans, von der Buchenregion an höher emporsteigend, Ende der 60. Jahre in Europa eingeführt. Frosthart aber trägwüchsig: Triebe rotbraun und behaart. Nadeln wie bei voriger, aber unterseits hellweiss. Zapfen mit verdecktem Stiel.

§ 41. Pseudotsuga. Douglastanne. Die Zapfen sind endständig an vorjährigen Zweigen oder achselständig zwischen den obersten Blättern, zur Reife hängend, und fallen als Ganzes ab. Die tief 3spitzigen, schmalen, weit hervorragenden Deckschuppen mit längerer Mittelspitze verdecken zur Blütezeit die

kleinen Fruchtschuppen nahezu und wachsen später nur noch unbedeutend, werden aber steif holzig, während die Fruchtschuppen sich stark vergrössern aber wenig verdicken. Die Pollenkörner sind ohne Flugblasen, die kleinen hartschaligen Samen ohne Harzbläschen, mit dem Flügel verwachsen, reifen im Herbst und fliegen alsbald aus den sperrig sich öffnenden Zapfen aus. Die, an trockenen Zweigen ziemlich fest haftenden, flachen, tannenähnlichen, oberseits mit einer seichten Rinne versehenen Nadeln stehen, meist gescheitelt, nur an Langtrieben, zeigen auf dem Querschnitt zwei seitliche, den Kanten genäherte Harzgänge an der Unterseite, aber, im Gegensatz zu Abies, nur ein einziges Gefässbündel im Zentralstrang und lösen sich, wie bei den Tannen, mit kreisrunder oder querovaler Narbe von den Zweigen. — 3 Arten im westlichen Nordamerika, 1 in Japan.

1. Pseudotsuga Douglasii Carrière. (P. taxifolia Britton.) Douglasia, Douglas-Fichte, Douglastanne[27]). Junge Triebe anfangs hellorange, dann rotbraun, vom 2. Jahre ab graubraun, glatt mit sehr kurzen rauhen Härchen. Knospen harzlos, länglich oval, sehr zugespitzt, glänzend kastanienbraun. Nadeln 2 bis 3 cm lang, 1—1½ mm breit, gerade, selten etwas gekrümmt, stumpflich oder einfach zugespitzt, oberseits matt dunkelgrün, unterseits glänzend hellgrün. Zapfen 5 bis 11 cm lang, 2,5—3 cm dick, reif rötlich zimmtbraun, im Sommer apfelgrün, nach der Spitze zu purpurn und an den fest angepressten Schuppenrändern rot, Deckschuppen hellgrün. Die Samen sind entflügelt bis 5 mm lang und 3 mm breit mit doppelt so langem Flügel, dreieckig, scharfkantig, unten in ein stumpfes, oft gekrümmtes Spitzchen verschmälert, oben glänzend rotbraun, unten blass und weiss punktiert; ein Kilo entflügelten Samens enthält 82000—98000, im Durchschnitt 90000 Körner. —

In der Wuchsform gleicht die Douglasia mit spitzkegelförmiger Krone völlig unserer Fichte. Das Wurzelsystem hat anfänglich eine kräftige Pfahlwurzel und kann sich, je nach Standort nach Mayr sehr anpassungsfähig, später sehr verschieden entwickeln: auf seichten Böden entwickelt sie ein flach streichendes Wurzelsystem, dringt in Felsspalten und in lockere Böden mit kräftiger Pfahlwurzel ein, auf lehmigen Sand- und sandigen Lehmböden entwickelt sie eine zentrale Partie von 2—3 kräftigen Wurzeln, welche in die Tiefe gehen, während die übrigen Wurzeln seicht verlaufen, auf bindigem Boden dringt sie nur wenig in die Tiefe (so dass selbst 10—15jährige Stämme durch Schneedruck geworfen werden können).

Die Mannbarkeit tritt i. d. R. vom 30., bei frei erwachsenden Bäumen oft schon vom 10. Jahre ab ein. Die Keimung erfolgt im Frühling nach 3—4 Wochen, doch liegt der Samen mitunter teilweise bis zum 2. Frühjahr über. Das Keimpflänzchen hat 5—7 dreikantige Keimblätter und wird im 1. Jahre bis zu 10, im 2. bis zu 20 cm hoch, sein Leittrieb zeigt zahlreiche, unregelmässig verteilte, kräftige Seitenknospen, die nach etwaiger Zerstörung der Gipfelknospe sofort zu neuen Gipfeltrieben emporwachsen können, von da an entwickelt sich die Douglasia rasch weiter und scheint ihr Maximum zwischen dem 10. und 20. Jahre zu erreichen, in welcher Periode meterlange Triebe sehr häufig vorkommen. In den Wald wird sie gewöhnlich 2—4jährig verschult gebracht und überholt auf zusagenden Standorten alle heimischen Holzarten weit. Auf gutem Standorte kommt in der Regel in den ersten Lebensjahren (etwa bis zum 10.) zu dem Frühjahrstrieb noch ein zweiter nicht immer genügend ver-

27) Ueber die Douglasia existiert eine ungemein reiche Literatur. John Booth, Die Douglasfichte und andere Nadelhölzer. Berlin 1877. 92 p. 8 Tf. u. 1 Kart. Mayr, Waldungen Nordamerikas p. 290—308. U. v. St. Paul, Mitt. d. D. Dendrol. Ges. 1901 p. 1—8 und zahlreiche Aufsätze in den forstlichen Zeitschriften.

holzender Höhentrieb (Johannistrieb) hinzu, der in der Regel aus einer Seitenknospe am Gipfel des Haupttriebs entspringt. In seiner Heimat erreicht der Baum schon mit 80 Jahren (unter günstigsten Verhältnissen) eine Höhe von 40 Meter bei 80—90 cm Durchmesser, später je nach Standort 60, 70—80, ja selbst 100 Meter Höhe und bis zu 4 Meter Durchmesser bei vielhundertjährigem Alter. Auf schlechtem Boden wird nur eine Höhe von 30 Meter und darunter erreicht.

Das Holz der Douglasia, das nach Mayr in seinen geringsten (leichtesten) Sorten unserem besten Fichten- und Tannenholze gleicht, in seiner besten Beschaffenheit, d. h. als substanzreichstes, schwerstes Holz dem einheimischen Lärchenholz nahe kommt, zeigt einen schmalen hellen Splint (— 3 cm) und ein Kernholz, welches sich bei der Fällung des Baumes nur wenig durch einen hellbraunen Farbenton vom Splint abhebt, aber rasch unter der Einwirkung von Licht und Luft bis zur Färbung des Gebirgslärchenholzes nachdunkelt. Mikroskopisch untersucht zeigt es Harzgänge wie das Fichtenholz und ähnliche Markstrahlen wie jenes, in denen aber oft je 2 Harzgänge verlaufen und deren innere (Parenchym-)Zellen nach Mayr vereinzelt zarte Spiralverdickungen aufweisen. Nahe der Jahrringgrenze finden sich in Längsreihen angeordnete Parenchymzellen. Vor allem aber ist das Holz durch die spiraligen Wandverdickungen der Früh- und Spätholztracheiden von dem Fichten- und Lärchenholz unterschieden. Das dickwandige Sommerholz ist sehr reichlich entwickelt, auch bei breiten Jahrringen. Die Rinde, anfänglich glatt und grau, oft auffallend reich an Harzbeulen, bildet im Alter eine mächtige Borke, die bis 20 cm und darüber an Dicke erreicht und der Hauptsache nach aus ockergelben Korkschichten besteht.

Die Douglasia ist der wichtigste Waldbaum des westlichen Nord-Amerika nördlich von Kalifornien zwischen 34° und 52° n. Br. und geht westlich bis zum grossen Ozean, östlich bis zum Felsengebirge. Entsprechend den sehr verschiedenen klimatischen und sonstigen Bedingungen, unter denen die Douglasia in ihrer Heimat waldbildend auftritt, ist sie durch die Fähigkeit, sich den verschiedensten Standortsverhältnissen anzupassen, ausgezeichnet. 1827 in Europa eingeführt. Auf frischem, mildem humosem Lehmboden gedeiht sie bei uns am besten, auch auf lehmhaltigem genügend frischem Sandboden gedeiht sie noch gut und begnügt sich überhaupt mit Böden der verschiedensten Art und geognostischen Herkunft mit Ausschluss des Dünensandes, ständig vernässter Standorte, mageren Sand- und strengen Thonbodens. Zu vollkommenem Gedeihen setzt sie ein grösseres Mass von Luft- und Bodenfeuchtigkeit voraus, ist aber auch in dieser Hinsicht sehr anpassungsfähig. Sie ist eine Schattenholzart ähnlich der Fichte; die Nadeln bleiben an günstigen Standorten ca. 8 Jahre am Leben. Jüngere Pflanzen sind, namentlich wenn der Johannistrieb nicht ausreift, der Frostgefahr ausgesetzt, ältere in genügend luftfeuchter Lage vollkommen winterhart. In Folge des Vorhandenseins zahlreicher schlafender Augen vermag die Douglasia die verschiedenartigsten Beschädigungen durch ein Reproduktionsvermögen auszuheilen, das, von der Eibe abgesehen, von keinem unserer Nadelhölzer erreicht wird.

2. Pseudotsuga glauca Mayr wurde früher meist als Varietät der ersteren angesehen, ist im Felsengebirge von Colorado, Neumexico und Arizona einheimisch, völlig hart gegen Herbst- und Winterfrost, ohne Johannistrieb, viel trägwüchsiger und nur die halbe Höhe der ersteren erreichend. Auch als Nutzholz soll sie weit hinter der Küstenart zurückstehen. Die Nadeln sind kürzer, blau — weissgrün und liegen dem Triebe mehr an, Knospen rein kegelförmig, Zapfen kürzer (5 : 2½ cm), Deckschuppen desgl., vielfach gegen die Zapfenbasis sich krümmend.

3. Pseudotsuga macrocarpa Mayr. Eine seltene Holzart des südlichen Kaliforniens mit ungefransten Knospenschuppen, sehr grossen, am Rande kahlen

Fruchtschuppen, während die Deckschuppen nicht grösser sind, Zapfen 2 cm lang gestielt, 13 cm lang, offen 6 cm breit. Die Markstrahltracheiden besitzen ebenfalls Spiralverdickungen (Douglasii und glauca nicht) und die Aeste stehen am erwachsenen Baum horizontal, während sie bei der alten Douglasia hängen.

4. Pseudotsuga japonica Shirasawa. Ein 15—20 m erreichender Waldbaum des zentralen Japan mit glaucaähnlichen Zapfen, die lang gestielt, dunkelviolett und bläulich bereift sind und deren Deckschuppen zurückgeschlagen sind.

§ 42. Die Lärchen (Larix). Die Lärchen besitzen Lang- und Kurztriebe. Die weichen, sommergrünen Nadeln stehen einzeln auf wenig hervorragenden Blattkissen an der einjährigen Pflanze und an den einjährigen Langtrieben der älteren Pflanzen und in dichten Büscheln auf dicken Kurztrieben, die mehrere Jahre Nadelbüschel entwickeln. Hauptäste stehen nicht in Quirlen, sondern zerstreut. (Näheres über die Verzweigung bei L. europaea.) Männliche und weibliche Blüten sitzen oft auf denselben Zweigen. Die kurzgestielten gelben männlichen Blüten gehen aus einer ganzen Kurztriebknospe vorjähriger oder älterer Zweige hervor, die Pollensäcke springen schief der Länge nach auf. Die Pollenkörner haben keine Flugblasen. Die am Grunde von einem Nadelbüschel umgebenen weiblichen Blüten entwickeln sich nur aus dem oberen Teil einer Kurztriebknospe, die Deckschuppe ist gross, die Fruchtschuppe klein. Die gestielten Zapfen reifen am Ende des ersten Jahres. Die lederig-holzigen Zapfen sind aufwärts gekrümmt, zerfallen nicht bei der Reife, bleiben nach dem Ausfliegen der Samen noch einige Jahre am Zweige haften und fallen zuletzt als Ganzes ab. Die Samen sind mit dem breiten Flügel verwachsen. — 9 Arten, meist der nördlich gemässigten Zone angehörend (nur mit Zapfen sicher zu bestimmen!).

1. Larix europaea De Candolle (L. Larix). (Syn. L. decidua.) Gemeine Lärche, (franz. Mélèze). Junge Triebe ledergelb, glatt, Knospen stumpf eiförmig, an den Kurztrieben beinahe kugelig. Nadeln hellgrün, beiderseits mit Spaltöffnungen und 2 Harzgängen in den Kanten, an üppigen Langtrieben — 5 cm lang und $1^{1}/_{2}$ mm breit, an älteren Bäumen meist nicht über 2 cm lang und wenig über 1 mm breit, lineallanzettlich, fein zugespitzt, am Grunde wenig verschmälert, auf der Unterseite stärker gewölbt; an Kurztrieben durchschnittlich länger aber schmäler, die kürzeren Nadeln aussen, die längeren innen stehend, stumpfer, nach unten zu stark verschmälert, grösste Breite über der Mitte, meist beiderseits gleichmässig gewölbt. Männliche Blüten eiförmig kugelig, $^{1}/_{2}$—1 cm lang; weibliche Blüten 1—2 cm lang, mit karminroten Deckschuppen, welche die kleinen bleichgrünen, rötlich umsäumten Fruchtschuppen völlig verdecken. Nach der Bestäubung vergrössern sich die Fruchtschuppen rasch und die Deckschuppen vertrocknen. Zapfen $2^{1}/_{2}$—4 cm lang, 2 cm breit, hellbraun. Samen verhältnismässig klein, 3eckig, ca. $3^{1}/_{2}$ (—5) mm lang mit doppelt so langem, schief abgerundetem Flügel. 1 Kilo enthält 120000—130000, im Durchschnitt 125000 geflügelte und 160000 entflügelte Samen. Auf den Hektoliter gehen 16—18 Kilo geflügelte, 48—52 Kilo entflügelte Samen.

Die Mannbarkeit tritt bei der Kulturlärche frühe, im freien Stande oft schon mit 10—15 Jahren, im allgemeinen aber nicht vor dem 20. Jahre ein, in Gebirgslagen oft erst mit dem 30. Jahre. Die Blütezeit fällt mit dem Nadelausbruche zusammen. Die im Oktober-November reifenden Samen fliegen erst im folgenden Frühjahre zum Teil aus, zum Teil bleiben sie noch in den Zapfen. In tieferen Lagen kommt ca. alle 3—5 Jahre ein Samenjahr, im höheren Gebirge alle 6—10 Jahre. Die Keimkraft der Samen beträgt im allgemeinen nur 20—30%, in Norddeutschland selten mehr als 10 bis 12%, in den baltischen Provinzen und ebenso von auffallend frühe mannbaren

Bäumen sind die Samen meist alle taub. Bei guter Aufbewahrung behalten die Samen 3—4 Jahre ihre Keimkraft, aber schon zweijähriger Samen keimt schwerer und später als einjähriger. Die Keimung erfolgt 3—4 Wochen nach der Aussaat. Das zarte Keimpflänzchen hat 5—7 bläulichgrüne, dreikantige, ca. 1$^{1}/_{2}$ cm lange Keimblätter. Im ersten Jahre kann die junge Pflanze schon 10—15 cm und darüber (—60 cm!) (die Pfahlwurzel —27 cm lang) werden; sie bildet einige Seitenknospen, die im 2. Jahre zu Kurztrieben auswachsen und schliesst mit einer Gipfelknospe ab, unter welcher die Nadeln den Winter über am Leben bleiben. Die reichlichere Entwickelung von Kurztrieben beginnt in der Regel nicht vor dem 3. Lebensjahre, in welchem die Pflanzen nicht selten über 1 Meter Höhe erreichen. Mit 10 Jahren kann sie schon über 4, mit 20 Jahren schon über 8 Meter, mit 60 über 25 Meter bei entsprechender Stärke haben.

Bei 5—20jährigen Lärchen kommen mitunter bis meterlange Längstriebe vor, doch wird die Lärche im 20.—30. Jahre gewöhnlich von der ihr in der Jugend an Höhenwuchs nachstehenden Fichte eingeholt und überwachsen. Kein anderer einheimischer Waldbaum vereinigt Schnelligkeit und Ausdauer des Wachstums so wie die Lärche, die in der Jugend mit Ausnahme von Birke und Aspe alles weit überholt. Je nach Lage und Klima beendet die Lärche ihren Höhenwuchs nach 60—150 Jahren mit 20—30 Meter und reinigt sich, auch im Freistande, bis ziemlich hoch hinauf von Aesten. Unter günstigen Umständen wird sie an ihren natürlichen Standorten viel älter, höher (—52 M.) und stärker. Bei Blitzingen 1350 M. üb. M. im Oberwallis steht eine Lärche von 29 Meter Höhe und 7$^{1}/_{2}$ Meter Umfang in Brusthöhe (cf. Baumalbum der Schweiz), bei Saas-Fee im Wallis (1850 M.) habe ich Lärchen gesehen, die bei ca. 20 Meter Höhe und 3—4$^{1}/_{2}$ Meter Umfang ein Alter von 600—700 Jahren erreicht hatten und dabei bis zum innersten Jahresring gesund waren!

Die Verzweigung ist von derjenigen der Fichten, Tannen und Kiefern wesentlich verschieden. An den Langtrieben trägt etwa der 10.—6. Teil der Nadeln Achselknospen, ein endständiger Knospenquirl wird nicht gebildet. Im Frühjahr entwickeln sich aus den Seitenknospen zunächst Kurztriebe und die älteren Kurztriebe bilden gleichfalls Nadelbüschel, einen Monat später wachsen einzelne dieser jungen und alten Kurztriebe zu neuen Langtrieben aus, während die andern ihr Längenwachstum mit einer Endknospe abschliessen. Bei üppigen jungen Pflanzen, ganz besonders auch bei L. leptolepis, entwickeln sich nach meinen Beobachtungen nicht selten fast sämtliche Achselknospen dieser Langtriebe noch im gleichen Jahre zu Kurztrieben, von denen einzelne sofort noch zu Langtrieben auswachsen. Das Alter einer jungen Lärche ist somit aus der Verzweigung durchaus nicht zu ermitteln. Mitunter wachsen auch einzelne Zapfen zu Langtrieben von kurzer Lebensdauer aus (durchwachsene Zapfen). Die Kurzzweige entwickeln nur wenige Jahre nach einander Nadelbüschel und stellen dann ihr weiteres Wachstum ein, während ihre Endknospe als schlafendes Auge noch lange Zeit am Leben bleiben kann, das reichliche Ausschlagvermögen der Lärche bedingend. Die Seitenäste 1. Ordnung der pyramidal-kegelförmigen Krone sind verhältnismässig schwach, bei freiem Stande weit ausgreifend, mit aufwärts gebogenen Enden und abwärts hängenden, dünneren Zweigen. Das kräftige, anfangs meist mit Pfahlwurzel versehene Wurzelsystem besteht später hauptsächlich aus einigen tief gehenden, reichverzweigten „Herzwurzeln", welche der Lärche einen ungleich festeren Stand gewähren, als ihn Fichte und Tanne besitzen.

Das feste, zähe und elastische Holz hat, abweichend von der Fichte und Tanne, einen schmalen gelben Splint und einen mehr oder weniger braunroten Kern. Das dunklere Spätholz der Jahrringe ist nach beiden Seiten hin scharf abgesetzt. Am wertvollsten ist das gleichmässig engringige Holz der Hochgebirgslärchen („Stein"-

oder „Jochlärchen") im Gegensatz zu den in den fruchtbaren Tälern erwachsenen „Graslärchen". Im anatomischen Bau stimmt das Lärchenholz völlig mit dem Fichtenholz überein. Die Markröhre ist sehr dünn. Durch die ganz regellos auftretenden Aeste sind die Bretter des Lärchenholzes leicht von denen des Kiefernholzes zu unterscheiden. Die anfänglich aschgraue glatte Rinde bildet frühzeitig bei ca. 10 cm Stammdurchmesser Borke, die innen dunkel braunrot ist, an älteren Bäumen bis 15 cm und darüber dick werden kann und deren einzelne Korkschichten schön karminrot oder rosa gefärbt sind.

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Lärche umfasst die ganzen Alpen, die Karpathen und das schlesisch-mährische Gesenke, wo sie in Mischung mit Fichten und Arven oder allein in der höchsten Waldregion bis zur Krummholzzone emporsteigt (Bayr. Alpen bis 2000 Meter, Wallis, Engadin und Tirol bis 2300 und 2400, Gesenke bis 800 Meter). Durch Kultur ist dieser Hochgebirgsbaum über ganz Deutschland und Mitteleuropa, bis nach Schottland und Norwegen (bis zum 69°), den baltischen Provinzen und bis ins mittlere Russland verbreitet worden.

Hinsichtlich ihrer Lebensansprüche meidet sie in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet Sturmlagen und bevorzugt geschützte Hänge, Schluchten und Täler, liebt als ausgesprochenste Lichtholzart, — die durch ihren Schatten nicht leicht einen anderen Baum unterdrückt, aber im Schatten eines jeden anderen Waldbaumes leidet, — räumliche Stellung, raschen Uebergang vom Winter zum Sommer, gleichmässige Temperatur des letzteren und ausgiebige Besonnung. Ihre Bodenansprüche stehen zwischen Tanne und Fichte; Tiefgründigkeit, mässige Frische und mittlere Lockerheit des Bodens und steter Luftwechsel sind wesentliche Bedingungen ihres Gedeihens. In Kultur besitzt die Lärche eine grosse Anpassungsfähigkeit an andere Verhältnisse.

Die Variationsfähigkeit der Lärche ist gering. An wildwachsenden Bäumen sind beobachtet: 1. Abänderungen in der Färbung der weiblichen Blüten, rötlichgelb oder rot bei der var. rubra in hohen Lagen Niederösterreichs, grünlichweiss — schneeweiss bei der var. alba in der Schweiz und in Kärnthen. 2. Von Wuchsformen wild nur die Schlangenlärche, lusus virgata in Steiermark[28]), ausgezeichnet durch spärliche Entwickelung von Langtrieben und fast vollständiges Fehlen der für die Lärche so charakteristischen abwärts hängenden Zweige. 3. Von Standortsformen sind zu erwähnen Verbisslärche, Kandelaberlärche, Fahnen- und vor allem Säbelwuchs (die Neigung, sich unter dem Einfluss des Windes an der Stammbasis säbelförmig zu krümmen).

2. Larix sibirica Ledebour, in Nord-Asien weit verbreitet, von der europäischen Lärche verschieden durch sehr dichte und üppige Benadelung, viel längere (3—5 cm lange) Nadeln, durch bleichgrüne weibliche Blüten und grössere, 3—4 cm lange Zapfen, deren Schuppen auch zur Zeit der Reife noch deutlich filzig behaart sind und bis zum Ausfliegen der Samen mit eingebogenen Rändern dicht zusammenschliessen. Die in ihrer Heimat ausgedehnte Waldungen von sehr stattlichen schnurgeraden Stämmen bildende Lärche ist bei uns in der Jugend langsamwüchsig, treibt etwas früher aus und wirft die Nadeln etwas später ab.

3. Larix leptolepis Gordon. Japanische Lärche. Hondo-Lärche. Junge Triebe glänzend rötlichbraun. Nadeln bläulichgrün, an Kurztrieben durchschnittlich 3, an Langtrieben $3^1/_2$ cm lang. Deckschuppen der weiblichen Blüte im Verhältnis zur Fruchtschuppe gross, gelbgrün mit rotem Rande.

28) Abgebildet bei Hempel und Wilhelm l. c. I. p. 113.

Reife Zapfen je nach Standort 1½—3½ cm lang, rötlich hellbraun mit sehr zarten, am Rande etwas zurückgeschlagenen Samenschuppen, die jetzt doppelt so lang als die vertrockneten Deckschuppen sind. Keimpflanze mit 4—6 Keimnadeln, auf welche unmittelbar die Längstriebnadeln ohne Stillstand in der Entwickelung folgen. — Dieser in Zentraljapan einheimische Baum 1. Grösse (—30 M.) wurde 1861 in Europa eingeführt, ist vollständig winterhart und kann nach Mayr dem Klima nach überall da kultiviert werden, wo Fichten und Tannen gedeihen, nach Boden dagegen nur in den wärmsten Lagen Deutschlands. Forstlich vielfach versuchsweise angebaut.

4. Larix curilensis Mayr. Kurilenlärche. Junge Pflanze nach Mayr von allen bisher kultivierten Lärchen sofort durch die tief blauroten, bereiften, etwas behaarten jungen Triebe und die langen (2½—4½ cm, die obersten —15 cm!), steifen, harten, sichelförmig in der Nadelebene gekrümmten, 2 mm breiten, schön dunkelgrünen Nadeln zu unterscheiden. Nadelbüschel flachgedrückt. Deckschuppen der weiblichen Blüte blaurot. Zapfen 1,5—2,5 cm lang, 1,5 cm dick, bis zur Reife dunkelrot bleibend. Deckschuppen so lang wie die Fruchtschuppen oder kürzer — ½ so lang. Zapfenspindel orangefarben behaart. Keimpflanze meist mit 5 schmalen, harten, nach oben (bei leptolepis meist schwach abwärts) gekrümmten Keimnadeln, auf welche 5 halb so lange aber doppelt so breite blaugrüne Nadeln folgen, worauf das Wachstum für 8—10 Wochen mit einer glänzend braunen Knospe abschliesst. — Dieser auf den Kurileninseln im äussersten Nordosten Japans, in gleicher Klimalage wie vorstehende Art, einheimische seltene Baum, der bis zu 25 Meter Höhe erreicht, wurde 1889 von Mayr in Deutschland eingeführt, ist völlig frosthart, übertrifft bis jetzt an Raschwüchsigkeit alles Einheimische und Fremde in geeigneter Lage (6 M. mit 7 Jahren!) und ergrünt von allen Lärchen zuerst, ohne durch —10° beschädigt zu werden.

5. Larix dahurica Turczaninow. Dahurische Lärche, in den Hochgebirgen des Amurgebiets in Ostasien, Dahurien und der Insel Sacchalin heimisch, bis 20 Meter hoch, an ihrer weit gegen das Eismeer vorgeschobenen Polargrenze als Krummholz die Grenze jeglichen Baumwuchses bildend, ist wie die folgende Art durch armschuppige, kleine, glänzende Zapfen ausgezeichnet, deren oberste Schuppen weit klaffen und kaum kleiner sind. Zapfen ca. 20schuppig, kugelig, 1,2—1,5 cm lang.

6. Larix americana Michaux. Oestliche amerikanische Lärche. Ein bis 30 Meter Höhe erreichender Waldbaum des östlichen Nordamerika von Virginien bis Kanada, auch auf sumpfigem Boden gedeihend, mit nur 1,2—2 cm langen, fast kugeligen, nur ca. 10schuppigen Zapfen. In Europa 1739 eingeführt.

7. Larix occidentalis Nuttall. Tamarack, westliche amerikanische Lärche. Dieser wichtige, oft ausgedehnte Bestände bildende, 40—80 Meter Höhe erreichende Waldbaum der Gebirge des nordwestlichen Amerika gleicht im Habitus unserer Alpenlärche, von der er sich aber durch seine Zapfen unterscheidet, deren Fruchtschuppen, von den ziemlich verlängerten Deckschuppen überragt, am offenen ca. 2—3 cm langen Zapfen horizontal abstehen. Junge Triebe kahl, glänzend bräunlich. Der amerikanische Forstbotaniker Sargent vermutet, diese Lärche könne einer der nützlichsten Bäume in Nordeuropa werden.

8. Larix Lyallii Parlatore. Kleiner (selten —15 M. hoher), ästiger, sparriger Baum vom obersten Vegetationsgürtel in dem Hochgebirge Britisch-Kolumbiens und der Nordgrenze der Vereinigten Staaten mit weisswollig behaarten Trieben und dunkelvioletten Deckschuppen, deren lange grannenförmige Spitze auch beim reifen ca. 4 cm langen, 2 cm dicken Zapfen die Fruchtschuppen weit überragt.

9. Larix Griffithii Hooker fil. et Thomson. Himalayalärche, aus dem östlichen Himalaya --18 M. hoch, mit cylindrischen, 5—8 cm langen, 2 cm dicken Zapfen mit senkrecht über die Fruchtschuppen zurückgeschlagenen, zungenförmigen, gespitzten Deckschuppen und kahlen, braunroten Zweigen. Ca. 1850 in Europa eingeführt, selten echt, nur für milde Lagen als Parkbaum geeignet.

§ 43. Pseudolarix. Goldlärche. Einzige Art Pseudolarix Kaempferi Lambert. Chinesische Goldlärche, von den echten Lärchen durch die bei der Reife wie bei Abies zerfallenden Zapfen, die in Dolden auf der Spitze von Kurztrieben sitzenden männlichen Blüten und die an zwei und mehrjährigen Kurztrieben pfriemlich zugespitzten Knospenschuppen unterschieden. — Grosser, bis 40 m hoher, schöner Baum der Gebirge des nordöstlichen China mit quirlständigen, fast horizontal abstehenden Aesten, dessen matt tiefgrüne, breite und lange, weiche Nadeln sich im Herbste goldgelb färben. 1856 in Europa eingeführt, prächtiger winterharter Zierbaum, leider oft verkrüppelt.

§ 44. Cedrus. Ceder. Verzweigung und Benadelung wie bei den Lärchen, die stechend spitzen, steifen Nadeln von mehrjähriger Lebensdauer. Männliche Blüten am Grunde gleichfalls von einem Nadelbüschel umgeben. Zapfen gross, erst im zweiten oder dritten Sommer reifend und dann wie bei den Tannen zerfallend. Samen mit grossem Flügel und Terpentinblasen in der weichen Samenschale. — 3 Arten. Sehr dekorative, auch im Alter fast bis zum Boden herab beastete Bäume mit breit ausladender Krone, auf die Dauer nur in sehr milden und luftfeuchten Lagen in Deutschland gut aushaltend; prachtvolle Exemplare von gewaltigen Dimensionen schon am Genfer See. (Cf. Baumalbum der Schweiz.)

1. Cedrus Deodára Loudon. Himalaya-Ceder, Deodar. Krone pyramidal mit überhängendem Wipfel. Nadeln länger als bei den folgenden, bis 5 cm, aber dünner und weniger starr. Zapfen kahl, 8—12 cm lang, 6 cm dick, auf dem Scheitel nicht eingedrückt. — Im nordwestlichen Himalaya heimisch, bis 50 m Höhe und 3 m Durchmesser erreichend. 1822 in Europa eingeführt, relativ am härtesten.

2. Cedrus Libani Loudon. Libanon-Ceder. Krone junger Bäume pyramidal mit überhängendem Wipfel; im Alter breit schirmförmig, in Etagen abgeflacht. Nadeln kurz (bis 3,5 cm) starr, meist $1^1/_2$ mal breiter als dick. Zapfen 6—10 cm lang, 4—7 cm dick wie bei C. atlantica filzig behaart und am Gipfel eingedrückt. — In den Gebirgen Kleinasiens einheimisch, bis 40 m Höhe und oft enormen Umfang erreichend, 1683 in Europa eingeführt.

3. Cedrus atlantica Manetti. Atlas-Ceder. Jung der Libanonceder sehr ähnlich, aber der Wipfel stets aufrecht und die Krone bleibend pyramidal. Zapfen 5—6 cm lang und 4 cm dick. — Auf den Gebirgen Nordafrikas heimisch und waldbildend, bis 40 m hoch. 1842 in Europa eingeführt.

Die Kiefern. (Pinus), (franz. Pin.)

§ 45. Die Kiefern besitzen Lang- und Kurztriebe. Die Langtriebe tragen nur an einjährigen (seltener auch noch an 2—4jährigen) Pflanzen spiralig angeordnete Einzelnadeln. Die älteren Langtriebe tragen nur trockenhäutige Schuppenblätter, in deren Achseln die nadeltragenden Kurztriebe stehen. Die Kurztriebe beginnen stets mit Schuppenblättern, den Nadelscheiden, und tragen am Ende ihrer äusserst kurzen und dünnen Achse ein Büschel von je nach der Species 2, 3 oder 5 halbstielrunden oder dreikantigen Nadeln von mehrjähriger Lebensdauer. Die männlichen Blüten stehen an jungen Langtrieben und zwar an Stelle von Kurztrieben

büschelig oder traubenförmig gehäuft unterhalb der Endknospe des Triebes, jede einzelne gestielte Blüte in der Achsel eines trockenhäutigen Deckblättchens. Die Pollensäcke springen der Länge nach auf; die Pollenkörner besitzen zwei seitliche Flugblasen. Die kleinen weiblichen Blüten, an der Basis von Knospenschuppen umgeben, aus Quirlkospen entstanden, stehen am Ende junger Triebe, entweder einzeln scheinbar endständig (neben der Endknospe subterminal, wenn nur eine Quirlknospe zur weiblichen Blüte wird) zu zweien gegen- oder zu mehreren quirlständig. Die Zapfen sind zuletzt meist hängend und reifen im zweiten oder dritten Jahre. Die Deckschuppen sind von Anfang an kleiner als die fleischigen Fruchtschuppen. Die Fruchtschuppen schliessen bis zur Samenreife fest zusammen und tragen an dem meist verdickten Ende eine scharf abgesetzte, an der Aussenfläche des Zapfens sichtbare Endfläche, die Apophyse, auf der sich meist ein Höcker, der Nabel befindet. Die Samen besitzen meist einen schmalen Flügel, der mit seiner Basis den Samen zangenartig umfasst; seltener ist der Flügel verkümmert. Die Verzweigung des Stammes wie der Aeste erfolgt nur durch Quirlknospen, die zu drei oder mehreren unter der Endknospe stehen. Zwischenknospen fehlen den Kiefern normaler Weise vollständig und die Krone der jungen Kiefer ist infolge dessen ganz regelmässig aus Astquirlen aufgebaut, welche diese Verzweigung wiederholen. Die Nadeln werden im allgemeinen im 3.—6. Jahre abgeworfen und die Benadelung der Krone ist eine viel lichtere als bei den Fichten und Tannen. Als ausgesprochene Lichtholzarten reinigen sich die Kiefern auch bei freiem Stande weit hinauf von Aesten, die Krone verlichtet sich gleichfalls und verliert ihren für die junge Pflanze so charakteristischen regelmässigen Bau und die ursprünglich stets kegelförmige Kronenform schliesslich vollständig, indem mit höherem Alter einzelne Seitenäste sich stärker als der Gipfel entwickeln und die Verzweigung wie namentlich die Entwickelung der einzelnen Zweige sehr ungleichmässig vor sich geht. Die alte Krone wird so immer unregelmässiger, laubholzähnlicher oder wölbt sich mehr und mehr ab, bei der Pinie bis zur vollkommenen Schirmform.

Die meisten Kiefern besitzen eine starke Pfahlwurzel und kräftige weit streichende Seitenwurzeln. Das Holz ist reich an Harzkanälen, Splint und Kernholz sind gewöhnlich verschieden gefärbt.

Die Kiefern sind immergrüne Waldbäume der nördlichen gemässigten Zone bis zur Polargrenze des Baumwuchses und überschreiten nur in den Gebirgen den Wendekreis. Ca. 80 Arten[29]), von welchen hier nur die für unsere Zwecke wichtigsten behandelt werden können.

1. Sektion Pinaster.

Zapfenschuppen fest, dick und holzig. Apophyse rhombisch, durch einen queren Kiel in ein oberes und unteres Feld geteilt. Nabel in der Mitte des Kiels. Centralstrang der Nadeln zwei neben einander liegende Gefässbündel enthaltend.

a) Zweinadelige Kiefern (Subsektion Pinea.)

Die Kurztriebe tragen normalerweise 2 (selten 3 oder nur 1) Nadel. Mit Ausnahme von P. Cembra und P. Peuce gehören alle europäischen Kiefern hierher.

29) Vergl. Ascherson und Graebner, Synopsis der mitteleur. Flora I, wo die sehr verwickelte Systematik der centraleuropäischen Kiefern mit ihren zahlreichen Varietäten und Bastarden in mustergiltiger Weise dargestellt ist. Bezüglich der amerikanischen und japanischen, bei uns zu versuchsweisem Anbau empfohlenen Arten vergl. die vorzüglichen Werke Mayr's.

§ 46. 1. Pinus silvestris Linné. Gemeine Kiefer, Föhre, Forche, Weissföhre ist nächst der Fichte der verbreitetste Waldbaum. Rinde der benadelten Zweige glatt, glanzlos, graugelb (scherbengelb), der älteren Aeste und jüngeren oberen Stammteile, etwa vom 10. Jahre ab, leuchtend rotgelb, in papierdünnen Streifen und Fetzen sich abschilfernd; im Alter eine dicke, innen rotbraune, aussen graubraune Tafelborke. Knospen gross, 1—2 cm lang, spitz, eilänglich, meist nicht verharzt, mit grauen oder rötlichen, meist anliegenden Schuppen. Nadeln zweifarbig, aussen dunkelgrün, auf der flachen Seite durch Wachsausscheidung meergrün, im allg. 4—6 cm lang, 2 mm breit, auf schlechtem Standort bis 2, bei besonders üppiger Entwickelung bis 8 cm lang, von der Basis zur Spitze meist um einen ganzen Umgang um ihre Längsachse gedreht. Epidermiszellen, wie bei allen andern Arten ausser P. montana, im Querschnitt so hoch wie breit mit punktförmigem Lumen; Harzgänge meist zahlreich, von einem Ringe auffallend dickwandiger Zellen umgeben, unmittelbar an die äusserste Zellschicht der Nadel grenzend; zwischen beiden Gefässbündeln eine mächtige Sklerenchymzellgruppe. Männliche Blüten eiförmig, kaum 1 cm lang, auf der unteren Hälfte diesjähriger Langtriebe, die über ihnen benadelte Kurztriebe entwickeln und nach dem Abfall der männlichen Blüten am Grunde kahl bleiben. Weibliche Blüten gestielt, einzeln oder zu zweien unterhalb der Endknospe diesjähriger Langtriebe, rundlich eiförmig, bis 0,5 cm lang, mit kleineren, zarten, grünlichen Deckschuppen und grösseren, fleischigen, mit hornartig vorstehender Spitze versehenen, grünen, rotüberlaufenen Fruchtschuppen. Nach dem Verblühen vertrocknen die Deckschuppen, die Zapfen krümmen sich abwärts und färben sich gelblichgrau und wachsen bis zum Herbste nur unbedeutend. Im zweiten Frühjahr wachsen sie zu grünen Zapfen heran, welche im Oktober reifen und an ziemlich langem Stiele hängen. Reife Zapfen aus schiefem, meist etwas verschmälertem Grunde eikegelförmig, 2,5—7 cm lang und 2—3,5 cm dick, graubraun, oft völlig glanzlos. Apophysen auf der Lichtseite des Zapfens meist stärker hervorragend, bis 8 mm breit, grösstenteils fast quadratisch, zum Teil 5- und 6eckig, mit flachem oder etwas konvexem Oberfeld. Nabel in der Mitte der Apophyse, meist ohne Stachelspitze, klein, meist hellbraun, glänzend, nicht schwarz umrandet. Samen 3—5 mm, teils gelb, teils schwarzbraun, mit dem Flügel ca. 15 mm lang. Ein Kilo geflügelten Samens enthält 115000—125000, von entflügeltem 150000—180000 Samen. Von ersteren gehen 13—15 Kilo, von letzteren 40—45 Kilo aufs Hektoliter. — Bei der sog. „Zapfensucht“ entstehen am unteren Teil des neuen Triebes Zapfen in sehr grosser Zahl an Stelle von männlichen Blüten.

Die Mannbarkeit tritt ohne Beeinträchtigung der Keimfähigkeit des Samens bei freiem Stande schon mit 15—20 Jahren, im Schlusse zwischen dem 30. und 50., auf feuchten Böden gar erst zwischen dem 70. und 80. Jahre ein. Wiederkehr reichlicher Samenjahre durchschnittlich alle 3 Jahre. Die Blütezeit fällt im Süden in den Mai, im Norden kann sich ihr Beginn bis Anfang Juni hinziehen. Die reifen Zapfen springen gewöhnlich im März oder April des 3. Jahres auf, lassen die Samen ausfliegen und bleiben dann noch bis zum Herbste hängen. Reiche Samenjahre folgen sich im Durchschnitt alle 3—4 (5) Jahre. Guter Samen hat eine Keimfähigkeit von 60—70%. Dauer der Keimkraft 3(—4) Jahre bei starker Abnahme der Keimprozente. Die Keimung erfolgt bei Frühlingssaat je nach Witterung, Lage und Boden in (2) 3—6 Wochen. Die Keimpflanze besitzt einen Quirl von 4—7 bis 2 cm langen, dreikantigen, glattrandigen, bogig aufwärts gekrümmten Keimblättern und entwickelt im ersten Jahre einen gewöhnlich ca. 5, unter besonders günstigen Umständen 8—10 cm langen Höhen-

trieb, welcher mit einzeln stehenden, schwertförmigen, an beiden Rändern fein sägezähnigen Nadeln besetzt ist, mit einer gewöhnlich unter einem dichten Nadelbüschel versteckten Endknospe schliesst und bei kräftigen Pflänzchen auch einzelne Achselknospen entwickelt, welche im zweiten, mitunter schon im gleichen Jahre zu 2nadeligen Kurztrieben, abnormer Weise auch zu Scheidetrieben auswachsen, in der Regel aber zu kurzlebigen schlafenden Augen werden. Die Pfahlwurzel verlängert sich schon im 1. Jahre um das 3—4fache des oberirdischen Pflänzchens, wie denn das Wurzelsystem überhaupt sich im 1. oder 2. Jahre besonders ausbildet. Im 2. Jahre erreicht das Pflänzchen eine Länge von ca. 13—16 cm. Der zweite Jahrestrieb beginnt mit einzeln stehenden schwertförmigen Nadeln, auf die weiterhin solche mit 2nadeligen Kurztrieben in den Achseln und schliesslich nur noch Kurztriebe in der Achsel bald abfallender Schuppen folgen. Der zweite Jahrestrieb schliesst mit einigen Quirlknospen unter der Endknospe ab. Im 3. Jahre beginnt die Entwickelung von Quirlästen und werden nur noch Kurztriebe in der Achsel von Schuppen gebildet. Auf üppigem Boden können sich an 7—10jährigen etwa mannshohen Pflanzen nach Nördlinger[30]) noch zahlreiche Scheidetriebe entwickeln. Das weitere Wachstum der Kiefer in den ersten Jahrzehnten ist äusserst rasch und wird von den Nadelhölzern nur noch von der Lärche und der Weymouthskiefer übertroffen. Es erreicht je nach Standortsgüte zwischen dem 15. und 25. Jahre seinen Höhepunkt, hält aber dann noch lange an. Im Durchschnitt erreicht die Kiefer unter mittleren Standortsverhältnissen in 80 Jahren ca. 20 m, bei günstigsten Verhältnissen bis 25 m, in mehrhundertjährigem Alter unter günstigsten Bedingungen bis zu 40 (48) m. Maximalalter ca. 600 Jahre. — Die Nadeln fallen samt den tragenden Kurztrieben gewöhnlich im Herbste des 3. Jahres ab, auf trockenem Boden, in trockener Luft wie unter dem Einfluss salzhaltiger Seewinde schon im 2., in luftfeuchten Gebirgslagen auch wohl erst im 4. Jahre.

Die normale Verzweigung der Kiefer geht nur von den an den Enden der Langtriebe stehenden Quirlknospen aus, die auch an Seitenzweigen in grösserer Anzahl stehen. Die jungen Kurztriebe, welche schon in der Knospe angelegt sind, kommen gleichzeitig mit den Langtrieben zur Entfaltung, welch letztere anfänglich wie Kerzen aufrecht stehen. Die Endknospen der Kurztriebe entwickeln sich normaler Weise nicht weiter; sie besitzen die Natur schlafender Augen und können sich nach dem Verlust der Nadeln (durch Raupenfrass z. B.) zu bleibenden, schmächtigen, kurz und dicht benadelten normalen Langtrieben, den sog. „Scheidetrieben"[31]) entwickeln. Von den Quirlknospen bleibt gewöhnlich die eine oder andere kleiner und schlafend, um sich nach starken Nadelbeschädigungen zu meist nur mit einzeln stehenden schwertförmigen Nadeln besetzten Langtrieben, den „Rosettentrieben" zu entwickeln. Das Wurzelsystem der Kiefer entwickelt, wo es der Standort irgend gestattet, eine tief in den Boden eindringende kräftige Pfahlwurzel und tief absteigende Seitenwurzeln.

Das Kiefernholz besitzt an starken Stämmen einen oft handbreiten, gelblich- bis rötlichweissen Splint und ein im allg. $^2/_3$ des Querschnittdurchmessers umfassendes Kernholz, das nach dem Fällen anfänglich meist die gleiche Farbe zeigt, später aber deutlich rotbraun wird. Die Spätholzschichten der Jahresringe treten wie beim Lärchenholz deutlich hervor. Durch die in Jahrestriebentfernung stehenden Astquirle lassen sich Kiefernbretter von Lärchenbrettern leicht unterscheiden. Das Holz ist reich an Harzkanälen, die grösser als bei der Fichte und Lärche und meist schon mit freiem Auge zu erkennen sind. Die Markröhre ist im Gegensatz zur

30) Nördlinger, Deutsche Forstbotanik II. p. 367.

31) Abgebildet bei Hempel und Wilhelm l. c. I p. 122 und Ratzeburg, Waldverderbnis I. Tafel Ia, Fig. 5.

Lärche sehr stark, bis 4 mm. Das Mikroskop zeigt einreihige und mehrreihige Markstrahlen mit einem Harzgang in der Mitte. Die randständigen Zellen der Markstrahlen zeigen wie bei Fichte und Lärche Tracheidencharakter mit kleinen Hoftüpfeln, sind aber von jenen auf dem Radialschnitt leicht durch die zackigen, kammähnlichen Wandverdickungen zu unterscheiden. Ausserdem korrespondieren die Markstrahlparenchymzellen mit den angrenzenden Tracheiden durch sehr grosse, fast die ganze Breite des Tracheidenlumens einnehmende Tüpfel.

Das geographische Verbreitungsgebiet der Kiefer ist ein ausserordentlich grosses, es geht von der Sierra Nevada (37°) in Spanien, von Oberitalien und von Siebenbürgen bis zum 70° an der Westküste Norwegens und gegen 69° in Lappland, weiter östlich durch Sibirien, dort nahe an den Polarkreis heranrückend, bis zum Amurgebiet und durch Kleinasien bis nach Persien, also weiter nach Norden und Osten als dasjenige der Fichte. In diesem ungeheuren Gebiet bildet die Kiefer, namentlich auf tiefgründigem Sandboden und insbesonders im norddeutschen Flachlande ausgedehnte Wälder, viel häufiger für sich allein als mit anderen Holzarten gemischt. In den Tiefländern der Nord- und Ostsee ist sie der herrschende Waldbaum. In Mittel- und Süddeutschland, in Oesterreich und der Schweiz, wo sich die Kiefer unter den verschiedenartigsten Bedingungen findet, ist ihr Anteil an der Waldbildung geringer und kommt sie vorzugsweise eingesprengt vor, bildet aber auch hier, namentlich in der Rheinebene, auf dem Hauptsmoor bei Bamberg und in der ungarischen Marchniederung ebenfalls ausgedehnte Waldungen. In der immergrünen Region des Mittelmeergebietes fehlt sie meist, ebenso im ungarischen Tieflande, in den Steppen Südrusslands und auf den dänischen Inseln. Im Gebirge steigt sie nicht so hoch wie die Fichte, im Harz bis 350 m, im Thüringerwald bis 500 m, im Spessart und Odenwald bis 650 m, im Jura bis 770 m, im bayrischen Wald bis 950 m, im Schwarzwalde bis 1000 m, Karpathen und Vogesen bis 1200 m, in den bayr. Alpen und Apenninen bis 1600 m, Centralalpen bis 1950 m und Pyrenäen bis 2000 m.

Was die Standortsansprüche anlangt, so geht schon aus der geographischen Verbreitung hervor, dass die Kiefer ein ausserordentliches Anpassungsvermögen an klimatische Gegensätze besitzen und gegen Winterfrost wie Sommerhitze in gleichem Masse unempfindlich sein muss. Ebenso gehört sie hinsichtlich der Bodenansprüche wie der Ansprüche an Luftfeuchtigkeit zu den allerbescheidensten Holzarten und wird infolge dessen überall da angepflanzt, wo keine andere Hauptholzart mehr befriedigende Erträge liefert. Bei Beurteilung der Standortsansprüche ist nicht zu übersehen, dass eben viele Standorte der Kiefer nicht solche freier Wahl sind. Zu üppigem Gedeihen bedarf sie immerhin einer mässigen Bodenfrische, wenn sie auch zur Zeit grösster Dürre vermöge ihrer tiefgehenden Bewurzelung ihren Wasserbedarf aus Bodenschichten zu decken vermag, die kein anderer Waldbaum mehr erreicht, und vor allem genügender Tiefgründigkeit und einer gewissen Lockerheit des Bodens ohne Rücksicht auf dessen geognostische Zusammensetzung. Auch bezüglich der Bodenverhältnisse zeigt die Kiefer eine ungemeine Anpassungsfähigkeit. Nur auf sehr bindigem Thonboden, sehr dürrem Sand und sumpfigem, namentlich torfigem Boden kümmert sie, ist aber immerhin meist die einzige Holzart, welche auf letzteren Bodenarten noch fortkommt. Als ausgesprochene Lichtholzart wird die Kiefer von den wichtigeren Holzarten nur durch die Birke und Lärche hinsichtlich der Empfindlichkeit gegen Beschattung übertroffen. Je geringer der Standort, desto grösser ist diese Empfindlichkeit. — Die Kiefer ist nicht minder formenreich als die Fichte.

Nach Wuchs und Verzweigung etc. unterscheidet man bei uns wildwachsend folgende Spielarten[32]:

a) Nach Wuchs und Verzweigung (sehr selten).

1. Lusus fastigiáta Carrière. Säulenkiefer. Aeste der schmal pyramidalen Krone aufstrebend. Bis jetzt wild nur in Frankreich und Norwegen gefunden, wohl auch bei uns.

2. L. comprèssa Carrière, von vorstehender Form nur durch sehr kurze (1—2 cm lange) Nadeln unterschieden, in Graubünden.

3. L. péndula Caspari. Trauerkiefer. Aeste grösstenteils oder sämtlich schlaff hängend, die untersten dem Boden aufliegend, sehr selten in Brandenburg und Ostpreussen.

4. L. virgáta Caspary. Schlangenkiefer. Hauptäste aufrecht abstehend, zum Teil einzeln, verlängert, nur oberwärts spärlich verzweigt. Sehr selten bisher nur in Westpreussen und Frankreich beobachtet.

b) Nach der Beschaffenheit der Rinde (sehr selten).

5. L. annuláta Caspary. Schuppenkiefer. Stamm durch fast regelmässige Ablösung der Borkenschuppen an ihrem unteren Ende auf 3/4 seines Umfangs geringelt. Bis jetzt nur in der Provinz Brandenburg.

c) Nach den Nadeln (sehr selten):

6. L. parvifólia Heer. Nadeln nicht über 2,5 cm lang. Angegeben in Schlesien, Westpreussen, Veltlin, Mähren und Niederösterreich.

7. L. microphylla Graf Schwerin. Nadeln nur 10—15 mm lang. Prov. Brandenburg.

8. L. variegáta Carrière mit zum Teil ganz oder teilweise weissen Nadeln. Westpreussen. Oefters in Gärten gezogen.

d) Nach der Farbe der Staubbeutel:

9. L. erythranthéra Sanio (Syn. var. rubra Bechstein, var. rubriflora Buchenau), Staubbeutel rosa bis carminbraunrot, im nordwestlichen Deutschland (z. B. Bremen), Brandenburg, Schlesien, West- und Ostpreussen, Erlangen und Baden beobachtet.

e) Nach der Form des Zapfens bezw. der Apophysen:

10. L. genuína Heer. Zapfen eikegelförmig. Apophysen nicht höher hervorragend als ihre Breite beträgt; zerfällt in die Unterformen:

α) pléna Christ. Apophyse der Lichtseite scharf quer gekielt, auch mit einem Längskiel, eventuell unterseits oder beiderseits zwei radialen Kielen; ihre Erhebung geringer als die halbe Breite. — So allgemein verbreitet!

β) gíbba Christ. Apophysen der Lichtseite mit stumpfem und breitem Querwulst, dessen Abdachungen konkav sind; ihre Erhebungen zwischen 1/2 und der ganzen Breite: so seltener.

11. L. hamáta Steven (syn. reflexa Heer, Caspari, Willkomm). Zapfen bis 7 cm lang, schmal kegelförmig. Apophysen der Lichtseite in eine an der Spitze den Nabel tragende Pyramide erhöht, deren Länge die Breite der Apophyse übertrifft; diese Pyramide an den unteren Schuppen nach dem Grunde des Zapfens zurückgekrümmt, an den oberen mehr oder weniger nach dessen Spitze hin gekrümmt. — Besonders an Krüppelexemplaren auf zu nassem oder armem Boden.

Als klimatische Wuchs- und als Standortsformen sind bekannt:

1. Forma turfósa Wörlein. Die Moorkiefer Willkomms. Eine 1/2—2 m hohe Krüppelform mit dünner, dürftiger, kurzer Benadelung auf Hochmooren, vereinzelt in Deutschland und Oesterreich, oft vom Habitus der Knieholzkiefer, in deren Gesell-

32) Nach der Zusammenstellung bei Ascherson und Gräbner l. c. p. 222 ff.

schaft sie oft wächst, häufig und förmliche Bestände bildend in den Mooren der russischen Ostseeprovinzen, wo sie selten über mannshoch wird, bis zum Fuss beastet ist und sehr starre, 3 cm lange, schon im zweiten Jahre abfallende Nadeln besitzt. Nach Entwässerung des Moores kann sie noch zum kräftigen Baume erwachsen.

2. Die Strandkiefer der Ostseeküsten, von Mecklenburg bis zu den russischen Ostseeprovinzen, schon in der Jugend buschig, vom Sturm vielfach zerzaust und zerbrochen, mit Sekundärwipfeln, Krone bei jüngeren Bäumen bis zum Boden reichend. Stamm sehr stark werdend, aber selten über 20 m, meist krumm oder gewunden, auf Dünen selbst vollständig niederliegend, Krone ganz unregelmässig, breit und umfangreich.

3. als Kusseln bezeichnet man in Nordostdeutschland die auf ganz armem Sandboden vorkommenden, meist durch Wind und Tierfrass beschädigten einzeln oder in kleinen Horsten stehenden Krüppelformen.

4. forma fruticosa Borbas, Strauchkiefer von krummholzähnlichem Wuchs in rauhen Gebirgslagen, so in den Julischen Alpen und im Banat.

Als richtige Varietät (oder Unterart) ist zu unterscheiden als entschiedene Mittelform zwischen der gemeinen Kiefer und der Bergkiefer:

P. engadinensis Heer. Knospen harzig. Kurztriebe länger lebend als bei der Hauptart (oft 5 Jahre). Nadeln sehr dicht, sehr dick (fast 2 mm) und starr, ziemlich lang und scharf zugespitzt, nicht über 4 cm lang, auf der gewölbten Seite oft gelbgrün, auf der planen meergrün. Zapfen sehr variierend, im allgem. eikegelförmig, 4—6 cm lang, kurz gestielt; Apophysen glänzend, grünlich- bis scherbengelb, auf der Lichtseite stark konvex; Nabel gross, stumpf, oft mit schwärzlichem Ring. — Schlanker, bis 10 m hoher, vom Grunde aus ästiger Baum mit pyramidaler oder ausgebreiteter Krone, der stets die für P. silvestris so charakteristische, leuchtend rotgelbe Korkhaut trägt. Nur im Oberengadin in Mischung mit Arven und Bergkiefern und im Ober-Inntal gefunden. Wahrscheinlich gehört hierher die jedenfalls sehr nahe stehende P. Frieseana Wichura, die jenseits des Polarkreises in Lappland grosse Wälder bildet und deren Kurztriebe 8 Jahre dauern sollen. — Die im Einfischtal im Wallis und bei Tarasp in Graubünden beobachtete Abart monticola (Schröter), nur durch 7—9 Jahre dauernde Kurztriebe von der Hauptart verschieden, stellt jedenfalls ein Bindeglied derselben mit der Unterart dar.

§ 47. 2. Pinus montana Miller. Bergkiefer. Krummholz-Kiefer. Diese sehr vielgestaltige Holzart ist von der gemeinen Kiefer durch folgende Merkmale unterschieden: Knospen meist dick mit Harz überzogen. Rinde der jungen Triebe glänzend, grünlich- bis violettbraun, an den Aesten dunkel, sich nicht in dünnen Schuppen abschilfernd. Nadeln gewöhnlich 2—5 cm lang, derber, stumpfer, weniger gedreht, gleichfarbig (nur an diesjährigen Nadeln die Innenseite mitunter heller), im Querschnitt die Oberhautzellen grösser, stets höher wie breit (Lumen strichförmig); Harzgänge weniger (2–6); Sklerenchym im Zentralstrang, besonders bei den strauchigen Formen, spärlich oder fehlend. Kurztriebe dichter, die Nadelpaare oft säbelförmig gegen die Langtriebe gekrümmt, von längerer Lebensdauer, im Durchschnitt 5 Jahre, an einzelnen Zweigen selbst bis zu 10! Blüten grösser, bis 1.5 cm; männliche mit grossem gezähntem Antherenkamm, weibliche zahlreicher (2—4, selbst 7), dicht unter der Endknospe der Tragzweige an kurzen Stielchen aufrecht (auch nach der Bestäubung, meist bis zum Herbst); Fruchtschuppen bläulichrot-violettbraun mit längerem Kiel, Deckschuppen heller, über den Rand der Fruchtschuppen etwas vorstehend. Zapfen jung oft violett, reif ca. 2 bis

5 cm lang und bis 3 cm breit, fast oder völlig sitzend, aufwärts abstehend bis schief abwärts gerichtet, meist glänzend, hellgrau oder gelbbraun, zimmt-, kastanien- bis dunkel rotbraun; Apophysen mit mehr oder weniger gewölbtem Oberfeld. Nabel meist gross, grau oder hellbraun, von einem schwärzlichen Ringe umgeben. — Die Zweige sind verhältnismässig dick und namentlich an hochgelegenen Standorten auffallend zäh und biegsam. Aeste bogenförmig emporgekrümmt, am Ende selten ein Knospenquirl, meist nur eine Seitenknospe neben der Endknospe, schwächere Aeste oft jahrelang unverzweigt. Bewurzelung reichlich verzweigt, im Gegensatz zur gemeinen Kiefer ohne Pfahlwurzel, flach, aber mit einzelnen Seitenwurzeln auf geeignetem Standort auch tief in die Spalten des Gebirgsgesteins eindringend. —

Eintritt der Mannbarkeit frühzeitig, oft schon im 6. bis 10. Jahre, worauf die Bergkiefer alljährlich reichlich zu fruchten pflegt. Blütezeit durchschnittlich im Juni (seltener Ende Mai oder Anfang Juli). Die Bergkiefer blüht im Gegensatz zur gemeinen Kiefer als Knieholz nicht selten zweihäusig. Samenreife am Ende des 2. Jahres, Aufspringen der Zapfen im Frühling des 3., worauf sie meist noch 1 Jahr und länger haften bleiben und an der Oberfläche vergrauen und verwittern. Samen, Keimung und Entwickelung der jungen Pflanze im wesentlichen wie bei der gemeinen Kiefer. Keimkraft 50—60%, Keimdauer 2—4 Jahre. — Was die Wuchsform anlangt, so tritt die Bergkiefer als aufrechter Baum, als stammloser Strauch oder als Knieholz auf. Die Baumform kann bis 25 m Höhe erreichen, ihre Krone ist meist tiefer herab beastet, schmal kegelförmig oder abgewölbt; beim Knieholz, auch Latsche, Legföhre, Krummholz genannt, sind der Hauptstamm, wenn überhaupt vorhanden, und die stärksten Aeste, auf geneigtem Terrain stets talabwärts niedergedrückt, bei 10 bis 16 cm Stärke 6—12 m lang und zuweilen wurzelschlagend, am Ende bogig 1 bis 2 m hoch sich aufrichtend; bei der Buschform fehlt der Hauptstamm, die Aeste breiten sich auf dem Boden bis 2 oder 3 m mehr oder weniger allseitig aus und richten sich dann bis zu ca. 3 m Höhe empor, einen dicht geschlossenen Busch bildend. Nach Th. Hartig können die Nachkommen einer und derselben Bergkiefer verschiedene Wuchsformen zeigen.

Wuchs sehr langsam, besonders beim Knieholz. Alter bis ca. 200 und 300 Jahre. Das Holz gleicht demjenigen der gemeinen Kiefer, nur sind die Jahresringe meist schmäler und meist exzentrisch, und der Kern ist meist heller rötlich-braun; es ist mit Ausnahme der Eibe und Zerreiche schwerer als das aller anderen einheimischen Holzarten, sehr hart und namentlich auf trockenem Boden ausserordentlich harzreich.

Die Rinde zeigt gewöhnlich erst bei Armsdicke der Zweige Borkenbildung; die Borke erreicht niemals entfernt die Stärke wie bei der gemeinen Kiefer und ähnelt in höherem Alter sehr der Fichtenborke.

Baum- und Strauchformen sind vielfach durch den Einfluss des Standortes bedingte Wuchsformen und darum zur Unterscheidung von Varietäten für sich allein nicht benützbar.

Die Zapfenform der Bergkiefer variiert ungemein. Nach ihr hat Willkomm[33]) 3 in einander übergehende Unterarten unterschieden, deren beide ersten selbst wieder in eine grosse Zahl Abarten zerfallen.

A. uncinata Willkomm. Hackenkiefer. Apophysen der Lichtseite viel stärker als die der Schattenseite entwickelt, meist im unteren Drittel (seltener nur an der Basis oder am ganzen Zapfen) kapuzen- bis

33) Willkomm, Forstl. Flora. 2. Aufl. p. 211—218, Ascherson u. Gräbner l. c. p. 225—228.

pyramidenförmig erhöht und nach der Basis des Zapfens zurückgekrümmt; Nabel daher stets exzentrisch. Keimnadeln 7. Diese Unterart zerfällt in die 3 Abarten rostrata, rotundata und pseudopumilio und diese wieder in mehrere hier nicht aufgeführte Unterabarten.

I. rostrata Willkomm. Zapfen (bei unseren Formen) 2,7—4 (seltener 5) cm lang, kegel-, selten eiförmig. Apophysen der Lichtseite in eine vierseitige, zusammengedrückte, zungen- oder schnabelförmige, hackig zurückgekrümmte Pyramide mit stark vorragendem Nabel erhöht, die so lang bis doppelt so lang als die Breite der Apophyse ist. — So ausschliesslich in den Westalpen, mit II in den Schweizer-, vereinzelt auch in den Ostalpen, im Jura, Schwarzwald, Böhmerwald und Erzgebirge.

II. rotundata Willkomm. Sumpfkiefer, Moorföhre, Moorkiefer, Legföhre, Krummholz, Knieholz, Latsche, Zundern, Teufern, als Baum in den Alpen Spirke. Zapfen wie bei I, Apophysen der Lichtseite in eine nur schwach abwärts gekrümmte Pyramide erhöht, die kürzer ist als die Breite der Apophyse; oder nur das Oberfeld der Apophyse ist kapuzenförmig zurückgekrümmt. — Mit Ausnahme der Westalpen im ganzen Alpengebiet und den deutschen Mittelgebirgen verbreitet.

III. pseudopumilio Willkomm. Zapfen: auch reif abwärts stehend, klein, höchstens 2,5 cm lang, eiförmig. Oberfeld der Apophysen der Lichtseite kapuzenförmig erhaben oder dachförmig abgeflacht, aber höher als das convexe Unterfeld; Nabel gross, flach oder eingedrückt, stumpf oder stachelspitzig. — Knieholzform, den Uebergang zu B bildend, in Oberbayern, Erzgebirge und Südböhmen.

B. pumilio Willkomm (mit zahlreichen Unter-Abarten). Knieholz, Krummholz, Leg-Föhre etc. wie A II. Zapfen gleichmässig ausgebildet, bis zur Reife aufrecht oder horizontal abstehend, erst nach dem Aufspringen abwärts geneigt, kürzer als die Nadeln, eiförmig oder fast kugelig, 3—4,5 cm lang, im 1. Herbst meist noch violettblau, reif dunkelbraun bis scherbengelb, bis zur Reife bläulich bereift; Oberfeld der Apophysen konvex, Unterfeld konkav; Nabel eingedrückt, an der Zapfenbasis unter der Apophysenmitte; Keimnadeln 3—4. Strauch-, am häufigsten Knieholz, selten Baumform. — In der subalpinen Region der Alpen von der Schweiz bis Bosnien und in den deutschen Mittelgebirgen.

C. mughus Willkomm. Mugokiefer. Meist Knieholzform. Zapfen vollkommen gleichmässig ausgebildet, abstehend oder abwärts gerichtet, aus flachem Grunde kegel- oder eikegelförmig, 4—5 cm lang, im 1. Herbst hellgelbbraun, reif hell bis dunkel zimmtbraun, niemals bereift. Apophysen alle mit sehr scharfem Querkiel, auch die unteren mit gleicher Unter- und Oberhälfte und daher in der Mitte stehendem, gewöhnlich einen stechenden Dorn tragendem Nabel. Oestliches Alpensystem und am Fusse desselben.

Die geographische Verbreitung der Bergkiefer geht von Centralspanien bis zum Balkangebirge und vom Thüringer Wald bis Dalmatien und bis zu den calabrischen Abruzzen von ca. 300 m bis ca. 2700 m. Ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets ist sie vielfach angepflanzt z. B. bei Bremen. Sie bewohnt sowohl die baumlose Hochregion der Gebirge, wo sie als Schutzwald in Deutschland, Oesterreich und der Schweiz weite Flächen mit fast undurchdringlichen Latschenfeldern überzieht, welche aus der Ferne wie mit dunkelgrünem Moose bekleidet aussehen, findet sich als aufrechter waldbildender Baum auf trockenem Kalkboden in Spanien, auf verschiedenartigen Verwitterungsböden stellenweise in der Schweiz, auf nassem Torfmoorboden im Böhmerwald und Erzgebirge, teils rein, teils mit Fichte, Lärche und Zirbel oder der gemeinen Kiefer gemischt, und als Busch, Latsche oder niederer Baum häufig

mit der Ruchbirke zusammen auf Torfmooren, zeigt somit hinsichtlich ihrer Lebens- und Standortsansprüche eine Anpassungsfähigkeit wie keine andere Holzart und eine geradezu unerreicht dastehende Bedürfnislosigkeit, namentlich hinsichtlich der Fruchtbarkeit des Bodens und der Luftwärme, wenngleich sie hohe Grade sommerlicher Luftwärme zu ertragen vermag. Dagegen scheint ein luftfeuchtes Klima Lebensbedingung für sie zu sein. Die Latschenform insbesondere ist gegen Schneebruch völlig widerstandsfähig und ist in den Hochlagen, wo sie gewaltige Schneemassen im Winter und Frühjahr festhält, der beste Schutz gegen Lawinengefahr.

Zwischen der Bergkiefer und der gemeinen wie der Schwarzkiefer gibt es verschiedene Bastarde (Ascherson u. Gr. l. c. p. 229 ff.).

§ 48. 3. Pinus Laricio Poiret (P. nigra Arnold). Schwarzkiefer. Winterknospen gross, ca. 2 cm und mehr, spitz, meist harzig; ihre Schuppen (im Gegensatz zu der gemeinen Kiefer) mit nicht verwebten Fransen. Nadeln gross, durchschnittlich 8—11 (15) cm lang, ca. 2(—3) mm dick, wenig oder kaum gedreht, mit gelblicher, fast stechender Spitze, beiderseits dunkelgrün; mechanische Zellen unter der Epidermis und um die im Parenchym gelegenen Harzgänge, dagegen im Centralstrang, in welchem beide Gefässbündel einander genähert sind, fehlend oder nur als schwaches Querband unter den Bündeln entwickelt; Lebensdauer durchschnittlich 4—5 Jahre. Männliche Blüten weniger zahlreich, aber weit grösser als bei den vorhergehenden Arten, 1¹/₂ bis 2¹/₂ cm lang, walzig, fast sitzend, mit stattlichem Antherenkamm; weibliche Blüten viel kleiner, meist nur einzeln oder zu zweien, sehr kurz gestielt, etwas grösser als bei den vorigen, karminrot bis violett.

Die Schwarzkiefer zerfällt nach Christ in folgende Formengruppen, deren einzelne Formen früher als selbständige Arten aufgestellt wurden:

A. pachyphylla Christ (crassifolia Willkomm). Nadeln sehr steif und starr, 1,5—2 mm dick.

I. Kiel der mittleren und oberen Apophysen scharf.

Pinus Laricio austriaca. Endl. (Syn. nigricans Host.)' Schwarz-Föhre, Schwarz-Kiefer. Einjährige Zweige graubräunlich. Zapfen im 1. Herbste haselnussgross, hell lederbraun, im 2. reif, 4—8 cm gross, selten grösser und bis 3 cm dick, ei- bis eikegelförmig, fast sitzend, meist wagrecht abstehend, gleichseitig, glänzend, gelbbraun. Apophysen mit grossem, gewöhnlich dunkler braunem, an den oberen Schuppen oft mit einem Spitzchen versehenen Nabel. Die Samen sind grösser als bei der gemeinen Kiefer, durchschnittlich 6—7 mm lang und bis 4 mm breit, mit grösserem (—2¹/₂ cm) Flügel. Von den geflügelten Samen gehen 22—24 Kilo auf das Hektol., von den entflügelten 50—55 und das Kilo enthält von letzteren 55000—60000 Körner. —

Die Mannbarkeit tritt bei der austriaca-Form bei freiem Stande mit 20 (mitunter schon 15), im Schlusse mit dem 30. Jahre ein, dann ist durchschnittlich jedes 2. oder 3. Jahr ein Samenjahr. Die Blütezeit fällt ca. 10—14 Tage später als bei der gemeinen Kiefer. Die Samenreife erfolgt im Herbst des 2. Jahres, das Ausfliegen im Frühjahr des 3. Keimkraft 65—70%. Dauer der Keimfähigkeit 2—4 Jahre. Keimung nach 2—4 Wochen, Keimpflanze ähnlich wie bei P. silvestris mit 4—10 (meist 7) über 3 cm langen Keimnadeln. Die junge Pflanze erscheint von Anfang an in allen Teilen derber, üppiger und wegen der durchschnittlich kleineren Abstände zwischen den Astquirlen und der meist kürzeren Triebe gedrungener als die gemeine Kiefer. Raschwüchsiger als die Bergkiefer, steht sie der gemeinen Kiefer nach; unter mittleren Verhältnissen erreicht sie im 10. Jahre etwa 1¹/₂ m, im

20. 4 m, im 40. 8—9 m, im 80. 15—16 m und im 100. 16—17 m; unter besonders günstigen Verhältnissen erreicht sie in dieser Zeit eine Höhe von 20—23 m (seltener mehr) und 1/2 m Durchmesser, erreicht aber unter Umständen riesige Dimensionen und vielhundertjähriges Alter, so z. B. im Wienerwald 600 Jahre bei nahezu 7 m Umfang. Die Krone der Schwarzkiefer reicht auch im Schlusse weiter herab als bei der gemeinen Kiefer, ist beim jüngeren Baum rundlich eiförmig und wölbt sich erst in höherem Alter, auf Felsboden oft schirmartig, ab. Die Bewurzelung ist entschieden flacher als bei der gemeinen Kiefer, dringt zum Teil, wo es der Boden gestattet, tief in die Spalten des Felsgesteines ein, kann sich aber auf dem natürlichen Standort, dem Kalkgebirge, vielfach nur oberflächlich entwickeln. Das durch treffliche technische Eigenschaften ausgezeichnete, dauerhafte, harzreiche Holz kommt dem Lärchenholz sehr nahe, der rötlichbraune Kern ist in der Regel schmäler (nur 1/3 des Querschnittdurchmessers); im mikroskopischen Bau stimmt es mit den vorstehenden Arten im wesentlichen überein. Rinde im höheren Alter mit einer tiefrissigen, äusserlich dunkel-schwarzgrauen Schuppenborke, welche sich bis in den Wipfel erstreckt.

In der unteren und mittleren Region der Ost- und Südostalpen und Karpathen, zwischen 150 und 1100, vereinzelt bis 1400 m, vorzugsweise auf Kalk, stellenweise grosse Bestände bildend, auch ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes hie und da waldmässig angebaut, als Zierbaum allgemein verbreitet, bis nach Norwegen. Bei äusserst geringen Ansprüchen an Boden- und Luftfeuchtigkeit verlangt sie mehr Wärme als die gemeine und die Bergkiefer. Für schwierige Standortsverhältnisse, wie heisse seichtgründige Kalkböden, zur Wiederbewaldung der Steinwüsten des Karstes ist sie wie kein anderer einheimischer Waldbaum geeignet. Wie ihre dichte Benadelung schon andeutet, nimmt sie hinsichtlich des Lichtbedarfs eine Mittelstellung zwischen den entschiedenen Licht- und den ausgesprochenen Schattenholzarten ein. — Von allen europäischen Harzbäumen liefert die Schwarzkiefer das meiste und terpentinreichste Harz.

II. Kiel der mittleren und oberen Apophysen stumpf.

a. Pinus Laricio Poiretiana Endlicher (Syn. corsicana Poiret). Einjährige Zweige hellbraun. Krone schmäler. Bei jungen Pflanzen die Nadeln meist etwas gedreht. Hinsichtlich ihrer sonstigen Merkmale, ihrer Entwickelung und ihrer forstlichen Eigenschaften stimmt sie mit der austriaca nahezu überein. Einheimisch in Spanien, Süditalien, Griechenland und Korsika, wo sie besonders mächtige Stämme bildet, 30—40, selbst 45 m hoch und 7—9 m Umfang bei einem Alter von über 1000 Jahren. (Das Alter von 1500—1800 Jahren, das Doumet-Adanson für die Riesenstämme Korsikas vermutet, dürfte doch wohl zu hoch gegriffen sein.) In den beiden letzten Jahrzehnten forstlich vielfach versuchsweise in Deutschland angebaut, aber im allgemeinen nur für Schleswig-Holstein geeignet gefunden.

b. Pinus Laricio Pallasiana Endlicher et Antoine. Einjährige Zweige schmutzig gelb. Nadeln sehr starr, glänzend dunkelgrün. Zapfen bis über 10 cm lang. In der Krim und in Kleinasien. — Zierbaum.

B. leptophylla Christ (tenuifolia Willkomm). Nadeln weniger steif, kaum 1 mm dick.

Pinus Laricio Salzmanni Dunal (Syn. P. monspeliensis Salzmann). Einjährige Zweige orange oder rötlich. Zapfen nur 4—5 cm, Samen nur 5 mm lang. In Südwestfrankreich und Catalonien.

Sowohl mit der gemeinen wie mit der Bergkiefer bildet die Schwarzkiefer Bastarde.

§ 49. 4. Pinus leucodermis Antoine. Weissrindige Kiefer,

Panzer-Föhre, Schlangenhaut-Kiefer. Der Schwarzkiefer sehr ähnlich, aber durch die aschgraue, durch Längs- und Querrisse in 4—8 cm breite und 5—16 cm lange unregelmässige Felder geteilte Rinde und die nach dem Nadelfall eigentümlich schlangenhautartig gefelderten hellgrauen Zweige verschieden, sowie durch die an den Zweigenden pinselartig gehäuften Kurztriebe mit meist nur 5—6 cm langen, starren Nadeln, deren spärliche Harzgänge tief im Parenchym liegen und nach Köhne ohne mechanischen Zellring sind und deren Gefässbündel durch ein I-förmiges Band dickwandiger Zellen geschieden und oben wie unten eingefasst werden. Unter der Oberhaut auffallender Reichtum an mechanischen Zellgruppen. Der bis 20, selten bis 33 m hohe gerade Baum zeigt stets eine stumpf kegelförmige Krone und ist in der oberen Region der Hochgebirge (1200—1800 m) von Dalmatien, Montenegro, Serbien und der Herzegowina heimisch, zum Teil in ausgedehnten Beständen die Waldgrenze bildend, erst 1864 entdeckt.

5. Pinus pináster Solander. Sternkiefer, Strandkiefer, Seekiefer, Igelföhre, Bordeauxkiefer. (Syn. maritima Lamarck). Junge Triebe mattrötlichbraun; Knospen stumpf, dickwalzig, 2,3—5 cm lang, harzfrei, braun mit weissgewimperten Schuppen. Nadeln 12—20 cm lang, 2(—3) mm breit, steif, stechend, glänzend grün; Harzgänge im Parenchym, mechanische Zellgruppen im Centralstrang und unter der Epidermis sehr reichlich. Zapfen spitz kegelförmig, ungleichseitig, im allg. 10—19 cm lang und 5—8 cm dick, kurz gestielt, glänzend gelbbraun, meist in 2—4gliedrigen Quirlen vom Tragzweig abstehend; Apophysen scharf quergekielt, gewölbt mit scharf vorstehendem, dornigspitzem, an der Lichtseite oft hackig abwärtsgekrümmtem Nabel. Samen bis 8 (10) mm lang mit 3—4 mal so grossem dunkelrauchbraunem Flügel. — Die Sternkiefer ist ein raschwüchsiger 20(—30) m Höhe erreichender Waldbaum der Küstenländer und Inseln des Mittelmeeres von Italien bis Spanien, im allg. an den Küsten wachsend, in Korsika bis 1000, Granada bis 1300 m emporsteigend; ferner tritt sie in ausgedehnten Beständen im westlichen Portugal, nördlichen Spanien und, angepflanzt, auf den Heideflächen „Landes“ im südwestlichen Frankreich längs des Biskayischen Meerbusens auf. Für die Aufforstung von Dünen und Sandflächen warmer Gegenden ist dieser in seinen Bodenansprüchen bescheidene Lichtholzbaum, der nur hinsichtlich der Lockerkeit des Bodens und der Bodenfrische, mindestens im Untergrund, höhere Ansprüche stellt und ein grobfaseriges, schweres, sehr harzreiches Holz liefert, höchst wertvoll, dagegen ist er frostempfindlich, wurde in Deutschland früher auch vielfach versuchsweise angepflanzt, hält auch 10—20 Jahre bei kräftigem Wachstum aus, ist aber trotzdem als Waldbaum bei uns wertlos, weil er in sehr strengen Wintern regelmässig erfriert. Als Zierbaum bis zum südlichen England und der norwegischen Küste verbreitet.

6. Pinus halepensis Miller. Aleppo- oder Seestrandkiefer. Zweige lang und dünn (2—3 mm) hellgrau, oft nur an den Spitzen pinselförmig mit Kurztrieben bedeckt, da die Kurztriebe meist nur 2 Jahre dauern. Knospen klein, ca. 1/2 cm, harzlos, an kräftigen Langtrieben häufig auch in deren mittlerem Teile, da die Endknospe vielfach schon im gleichen Jahre einen 2., mitunter sogar 3. Trieb macht. Nadeln, (zuweilen zu 3) hell- bis graugrün, bis 9 cm lang, an schwächeren Zweigen oft kaum 5 cm, sehr dünn, bis 1 mm; Harzgänge unmittelbar am Hypoderm, unter der flachen Oberseite nie mehr als 2. Zapfen an einem bis 2 cm langen bogigen Stiele hängend, länglich-kegelförmig, 8—10 cm lang, 4 cm dick, glänzend rotbraun oder hellgelb; Apophyse glatt, mit deutlichem Querkiel und deutlich abgesetztem, öfter stachelspitzigem Nabel. Samen 5—7 mm. — Der Aleppo-Kiefer fehlt wegen der oben erwähnten zweimaligen Triebbildung im Jahre und

der minder vollkommenen Quirlstellung ihrer Aeste schon in der Jugend der streng regelmässige Aufbau der übrigen Kiefern. Sie bildet ausgedehnte Bestände in der immergrünen Region des Mittelmeeres in Europa, Asien und Afrika, ist sehr raschwüchsig, erreicht mit 10 Jahren 6—7, mit ca. 60 Jahren 15—18 m Höhe, worauf der Höhenwuchs erlischt und sich die Krone oft in der malerischsten Weise abwölbt. Wie die Schwarzkiefer kommt dieser Lichtholzbaum, der ein vorzügliches, harzreiches Holz liefert, noch auf den trockensten und heissesten Böden fort, beständig mildes Klima (Oelbaumklima) vorausgesetzt und ist z. B. für die Bewaldung Dalmatiens und des österreichisch-ungarischen Küstenlandes ein unentbehrlicher Baum, der hier auch vielfach angepflanzt ist, z. B. zur Wiederbewaldung des Karstes bei Triest.

7. Pinus Brutia Tenore. Calabrische Kiefer. (Syn. pyrenaica La Peyrouse (obwohl sie in Spanien fehlt) Paroliniana Webb.) Diese vielfach verkannte Art[34]) steht der Aleppokiefer sehr nahe, unterscheidet sich aber von ihr durch dicke (4—5 mm) gelbrötliche Zweige, 1—2 cm lange Knospen, 12—23 cm lange, dunkler grüne Nadeln mit in der Regel mehr als 2 Harzgängen unter der flachen Oberseite und fast sitzende, horizontal oder etwas aufrecht stehende Zapfen, deren Apophyse strahlig-runzlig oder -furchig ist, einen undeutlichen Querkiel und einen grösseren, kaum deutlich von der Apophysenfläche abgesetzten, ganz flachen, grauen oder rötlichgrauen Nabel trägt. Samen bis 9 mm. — Dieser in den Gebirgen Kalabriens und Kleinasiens (nebst Cypern und Kreta) einheimische Baum wurde in den letzten 2 Jahrzehnten zur Wiederbewaldung der adriatischen Küstenländer in grossen Beständen angepflanzt und gedeiht dort vortrefflich.

Ausser den bisher geschilderten in Europa heimischen Kiefern sind noch folgende Zweinadler aus Amerika und Japan zu forstlichen Anbauversuchen in jüngster Zeit herangezogen worden:

8. Pinus contorta Douglas var. Murrayana Engelmann. (Syn. P. Murrayana Balfour. als Art.) Murray-Kiefer. Dieser bestandbildende Waldbaum der Hochgebirge des nordwestlichen Amerikas, der dort bis zu 28 (40) m Höhe erreicht und im Habitus unserer Fichte gleicht, hat sein Optimum auf den sandig-feuchten, kühlen Einsenkungen der Blauen Berge und gedeiht selbst auf sehr feuchten, kühlen, unseren Hochmooren am Fuss der Alpen ähnlichen Standorten. Knospenschuppen verharzt. Nadeln ca. 5 cm lang und 2 mm dick; Harzgänge ohne mechanische Zellen. Zapfen offen $3^1/_2$ cm lang, 3 cm dick, matt hellbraun; Apophysen auf der Lichtseite kegelförmig erhaben mit oft sehr starkem Nabeldorn. Vom Heidekulturverein Schleswig-Holsteins seit einigen Jahren mit anscheinend bestem Erfolg angebaut.

9. Pinus Banksiana Lambert. Banks-Kiefer. Diese Kiefer, welche nach Mayr als die wertvollste forstliche Einführung aus Nordamerika während der letzten fünfzehn Jahre angesehen werden muss, ist im kälteren östlichen Amerika (vom 68° südlich) einheimisch, wo sie den trockensten, magersten Boden im Binnenlande einnimmt und natürlich auch nur geringe Dimensionen 10—15 m gegen bis 22 m auf gutem Boden erreicht. Sie bildet ein weitverzweigtes Wurzelsystem und erwächst, schwer sich von Aesten reinigend, mit dem Habitus einer Fichte. Knospen eilänglich, harzig, oft am Längstrieb zwischen 2 Quirlen (vergl. P. halepensis). Junge Triebe grün, später braun, unbereift. Nadeln sehr dicht gedrängt, 4—6 cm lang, abstehend, hellgrün; Gefässbündel des Centralstrangs mindestens um ihre doppelte Breite voneinander entfernt; Harzgänge meist von ziemlich dick-

34) Ascherson und Gräbner l. c. I. p. 218.

wandigen Zellen umgeben. Zapfen ca. 5 cm lang, 2 cm breit, etwas gekrümmt, nach aufwärts gerichtet, dem Tragzweig angedrückt. Samen klein, in einer löffelartigen Ausbuchtung des Flügels wie bei der Fichte. — Der Wert dieser Kiefer liegt nicht im Holze, das dem der gemeinen Kiefer an Güte kaum nachstehen dürfte, sondern in ihren waldbaulichen Eigenschaften, indem sie auf dem schlechtesten Boden, wie Flugsand, Dünen, Oedland, welche dem Gedeihen der gemeinen Kiefer Hindernisse bereiten, leicht und freudig heranwächst, wie zahlreiche Anbauversuche gezeigt haben, vollständig hart gegen Frost, und so die Verbesserung völlig herabgekommener Böden wieder einzuleiten vermag. Schon im 1. Jahre übertrifft sie die gemeine Kiefer an Raschwüchsigkeit und vom 3. Jahre tritt diese Raschwüchsigkeit ganz besonders hervor, da sie im Jahre 2 und unter günstigen Bedingungen selbst 3 Längstriebe nacheinander macht.

10. Pinus densiflora Siebold et Zuccarini. Japanische Rotkiefer, steht forstlich und botanisch der gemeinen Kiefer sehr nahe, von der sie sich durch folgende Merkmale unterscheidet: junge Triebe grün, schwach bereift. Knospen rotbraun, mit aufgelockerten oder zurückgerollten Schuppen. Nadeln weicher, freudiger grün, länger, 6—11 cm, durchschnittlich 10 cm; Zellring der Harzgänge meist dünnwandig; mechanische Zellen im Gefässbündel fehlend oder spärlich. — Dieser japanische, bis 36 Meter Höhe erreichende Waldbaum, der in seiner Heimat in zahlreichen Varietäten und Formen vorkommt, liebt dort sonnige, trockene, kiesig-sandige Partieen im Gebirg unterhalb der Fichtenregion, hat sich bei den Anbauversuchen in Norddeutschland als zu zart erwiesen, während er in Grafrath in Bayern vollständig winterhart ist, nur gegen Schneedruck ist er in der Jugend etwas empfindlich.

11. Pinus Thunbergii Parlatore. Japanische Schwarzkiefer. Knospen namentlich in der Jugend blendend weiss bis hell stahlgrau, seidenhaarig, harzlos. Junge Triebe anfänglich grün, dann hellbraun und glänzend. Nadeln 8—14 cm lang, auch schon an jungen Exemplaren hart, steif und sehr scharf stechend; Harzgänge mitten im Parenchym. Borke durchaus grau, bis an die Spitze des Baumes. Zapfen im Durchschnitt etwas grösser als bei voriger, 5—6 cm lang, 3—4 cm dick. — Diese, der österreichischen Schwarzkiefer ähnliche Strandkiefer Japans, die dort auch vielfach gepflanzt ist und auf gutem Boden u. s. w. riesige Dimensionen, bis 43 Meter Höhe, erreicht, gewöhnlich aber viel kleiner und krummschaftig bleibt, ist in ihrer Heimat nicht nur als Holzproduzentin, sondern waldbaulich vor allem als Schutzbaum wichtig; sie nimmt, unter entsprechender Verkrüppelung, noch mit dem schlechtesten Boden vorlieb, dient zur Befestigung der Dünen und wird wegen ihrer Sturmfestigkeit als Windmantel zum Schutze der Felder gegen Sand und heftige Seewinde gepflanzt. Ihr Holz ist dem von P. silv. kaum überlegen. Wie alle Schwarzkiefern eignet sie sich zur Harznutzung. In Grafrath ist sie völlig winterhart, leidet aber in der Jugend sehr unter Schneedruck, in Norddeutschland sind die Anbauversuche fast alle in Folge von Frost und Dürre misslungen.

b) Dreinadelige Kiefern (Subsektion Taeda).

§ 50. Die Kurztriebe tragen normaler Weise 3 (ausnahmsweise 2 oder 4) Nadeln. (Meist nordamerikanische und ostindische Arten, keine Europäer.)

12. Pinus rigida Miller. Pechkiefer. Junge Triebe anfangs rotspäter gelbbraun, glänzend, unbereift. Knospen verharzt, spitz, braun, auch an der Mitte des Zweiges (vergl. halepensis). Nadeln lebhaft grün, meist gedreht, 6 bis 12 (18) cm lang, bis 2 mm breit; Harzgänge oft fehlend, wenn vorhanden, im

Parenchym, nicht von dickwandigen Zellen umgeben. Weibliche Blüten gewöhnlich in der Mitte des Zweiges, reife Zapfen ziemlich gleichseitig, zu 2—4 gehäuft beisammen, fast rechtwinkelig vom Zweige abstehend, ei- bis kegelförmig, 6 bis 10 cm lang, 4—6 cm dick, hell ledergelb, mit niedrig pyramidalen, scharf quergekielten Apophysen; Nabeldorn kurz, rückwärts gerichtet, im Herbst meist abfallend. Samen schwarz, 4—5 mm lang, mit bis 2 cm langen Flügeln. — Diese in den Nordoststaaten der Vereinigten Staaten namentlich auf dürrem und sumpfigem Boden der atlantischen Küstenzone grosse Flächen bedeckende Kiefer, höchstens 25 Meter Höhe erreichend, meist aber viel kleiner bleibend, wurde schon 1750 in Europa eingeführt. In ihrer Heimat in keiner Weise geschätzt, hat sie infolge eines verhängnisvollen Irrtums, der die amerikanische Pitch pine-Pflanze für die Lieferantin des wertvollen bei uns im Holzhandel Pitch pine genannten Holzes hielt[35]), vor etwa 30 und 20 Jahren in ausgedehntem Masse Eingang in die deutschen Forste gefunden. P. rigida kommt auch bei uns auf den geringsten Bodenarten noch fort, ist ausserordentlich widerstandsfähig gegen Frost und Hitze, gegen Schneedruck und durch hohes Ausschlagvermögen auch gegen Wildverbiss, dem sie sehr ausgesetzt ist, in den ersten Jahren oft auffällig raschwüchsig, erlahmt aber früh, neigt sehr zu struppigem, oft legföhrenartigem Wuchs, namentlich auf besseren Böden, weil die Johannistriebe hier zu üppig werden und nicht genügend ausreifen und hat so allgemein enttäuscht. Flachgründiger Boden mit Thonunterlage und nasser Moorboden sagen ihr nicht zu. Das sehr splintreiche Holz ist geringwertig. Bei ihrer Anspruchslosigkeit und geringen Dauer kann sie als zweckmässiges Schutz- und Treibholz für die gemeine Kiefer bei der Aufforstung von Oedländereien dienen.

13. Pinus ponderosa Douglas. Gelbkiefer. Junge Triebe sehr dick, bräunlich, unbereift, mit Terpentingeruch. Knospen gross, harzig. Nadeln 12—25 cm lang, sehr derb, dunkelgrün; Harzgänge stets vorhanden, im Parenchym, von dickwandigen Zellen umgeben. Zapfen ziemlich gleichseitig, ca. 10 cm lang und 5 cm dick, lebhaft braun, bis zu 6 im Quirl; Apophyse höher pyramidal als bei der vorigen, ausser dem Querkiel mit einigen strahligen Leisten; Nabeldorn auch beim aufgesprungenen Zapfen abstehend stechend, kurz und stark. Samen 7—10 mm mit bis 30 mm langem Flügel. Rinde rotbraun, sehr dick, tiefrissig. — Bestandbildender Waldbaum des nordwestlichen Nordamerika, wo er, vielfach mit der Douglasia vergesellschaftet, von der Küste bis ins Felsengebirge weit verbreitet ist und an seinen günstigsten Standorten, an den Westabhängen der Sierra Nevada in Kalifornien, mehrhundertjähriges Alter und riesige Dimensionen (60—90 Meter Höhe und bis über 4 Meter Durchmesser) erreicht. Bis zum 5. Jahre bleibt der Höhenwuchs niedrig (im 3. Jahre oft erst 12 cm hoch), dann hebt er sich rasch und bildet Jahrestriebe von $^1/_2$—1 Meter. Bewurzelung, Pfahlwurzel in lockerem Boden mit zahlreichen, flachstreichenden Seitenwurzeln. Das Holz hat ungewöhnlich breiten Splint, braunen Kern und entspricht etwa unserem Kiefernholz. 1826 in Europa eingeführt, prächtiger Parkbaum von üppigem Wuchse und tiefer Beastung für nicht zu lufttrockene Lagen. In neuerer Zeit ist dieser frostempfindliche Lichtholzbaum mit wechselndem Erfolge zu den Anbauversuchen herangezogen worden — für Norddeutschland meist zu zart — und neuerdings namentlich die kleinsamigere härtere Varietät scopulorum Engelmann vom Felsengebirge, die bei uns gut zu gedeihen scheint.

14. Pinus Jeffreyi Murray. Jeffreys-Kiefer. Junge Triebe hell

35) Das Pitch pine Holz des Handels stammt von P. australis (und anderen Arten), welche in den Südstaaten der Union wie Louisiana, Florida vorkommen und in Deutschland absolut nicht aushalten.

weissblau bereift. Knospen unverharzt. Nadeln dünner als bei voriger, schlaff, bis 23 cm lang und bis 1½ mm dick, weisslich- bis graugrün, kaum 1½ Jahre dauernd; Harzgänge im Parenchym, von dickwandigen Zellen umgeben. Zapfen schief eikegelförmig, viel grösser als bei voriger, 13—18 cm lang, 6,5—10 cm dick, hellbraun, kurz gestielt, zu 2—6 im Quirl abstehend; Apophysen, im Gegensatz zu vorstehender Art, mit so stark zurückgekrümmten Nabeldornen, dass sie beim geöffneten Zapfen nicht mehr stechen. Samen 1—1½ cm lang mit bis 3½ cm langem Flügel, Rinde mit grauer, dünner Borke, deren Schuppen viel kleiner sind als bei ponderosa. — Gleichfalls ein Waldbaum des nordwestlichen Amerika (Oregon und Kalifornien), der im Norden weniger hoch im Gebirge emporsteigt, lockeren, kiesig-sandigen Boden mit reichlicher, nicht stagnierender Feuchtigkeit liebt und im Süden seines Verbreitungsbezirks eine Durchschnitthöhe von 60 Meter erreicht. Die Pflanze bleibt im 1. Jahre nieder und schliesst, eine Seltenheit bei einer Kiefer, mit einer Winterknospe ab; erst vom 4., bei uns wohl auch vom 7. Jahre ab wächst sie beträchtlich. 1852 wurde diese üppige und sehr dekorative Kiefer, deren Erscheinung weniger robust ist als die von ponderosa, in Europa eingeführt und in den letzten Jahrzehnten in den Kreis der forstlichen Anbauversuche gezogen; sie gedeiht bei uns, schon im 1. Jahre eine Pfahlwurzel bis zu 50 cm entwickelnd, nur auf besserem, lehmhaltigem und frischem Boden, ist entschieden lichtbedürftig, verlangt in der Jugend mehr Seitenschutz als ponderosa, ist späterhin fast absolut winterhart, aber sehr empfindlich gegen lange Dürre und Trockenheit und wegen lange dauernder Vegetation auch gegen Frühfrost.

2. Sektion. Strobus.

§ 51. Apophysen der Zapfenschuppen mit randständigem, dornlosem Nabel. Kurztriebe fünfnadelig. Zentralstrang der 3kantigen Nadeln nur ein Gefässbündel enthaltend.

a) Weymouthskiefern (Subsektion Eustrobus).

Zapfen langwalzig (mindestens 3mal so lang wie dick), hängend, als Ganzes abfallend. Zapfenschuppen fichtenähnlich, dünn, gegen die Spitze zu nur schwach verdickt, mit flacher, kielloser Apophyse. Samen klein, langgeflügelt.

15. Pinus strobus Linné. Weymouthskiefer, Strobe. Junge Triebe anfangs grün, später violettbraun, kahl oder dünn weisslich behaart. Knospen aus eiförmigem Grunde fein zugespitzt, oft etwas harzig. Endknospe des Leittriebs stets von 5—8 Quirlknospen umgeben. Nadeln aufwärts abstehend, ca. 10 cm lang, dünn (½ mm), weich, auf den planen Flächen bläulichweiss gestreift, Harzgänge (meist nur 2) dicht unter der Hautschicht der gewölbten Fläche,, nahe den Kanten. Männliche Blüten am unteren Ende neuer Triebe, eiförmig, bis 15 mm lang, blassgelb; weibliche Blüten einzeln oder zu 2—5 neben der Endknospe, dieselbe weit überragend, langgestielt, schlank walzenförmig, bläulich bereift. Junge Zapfen im 1. Herbst ca. 2 cm lang, rötlichbraun, im 2. Frühjahr vergrössern sie sich rasch, werden grün und neigen sich abwärts. Reife Zapfen sehr kurz gestielt, zimmtbraun, 10—15 cm lang, etwas gekrümmt, und ca. 3 cm breit (stets mehr als 4mal so lang wie dick). Samen 5—6 mm mit bis 2 cm langem halbmondförmigem Flügel, der oberhalb des Kornes leicht abbricht. Ein Kilo Kornsamen enthält 55000—65000 Körner.

Die Mannbarkeit tritt bei freistehenden Bäumen mitunter schon im 10., im Walde durchschnittlich erst mit dem 30.—35. (50.) Jahre ein. Samenjahre folgen alle 2—3 Jahre. Blütezeit Ende Mai oder Anfang Juni. Die Samenreife er-

folgt im Herbst des 2. Jahres (meist im September), worauf die bis dahin geschlossenen Zapfen sich vollständig sparrig öffnen und die Samen in wenigen Tagen ausfliegen. Die Keimdauer der Samen beträgt 2—3 Jahre, die Keimfähigkeit gewöhnlich 40—50, ausnahmsweise — 70 %. Die Keimung erfolgt in 3—4 Wochen nach der Frühlingsaussaat mit 8—11 ca. 2 1/2 cm langen 3kantigen Keimblättern. Die darauf folgenden Primärnadeln sind flach und stehen einzeln. Benadelte Kurztriebe werden erst im 2., Astquirle in der Regel erst im 3. Jahre gebildet. Der Höhenwuchs ist sehr rasch, schon mit 10 Jahren 3—5 m, mit 20 8—10 m, mit 40 16 bis 18 m, mit 80 28—29 m, mit 100 32—33 m bei entsprechender Stärke und Vollholzigkeit. Die höchsten europäischen Stroben erreichen 34—50 m Höhe bei 1,3 bis nahezu 2 m Durchmesser. Auf ungeeignetem, namentlich flachgründigem Boden erschöpft sich das Wachstum frühe. Die Krone der Strobe behält bei normaler Entwickelung ihre anfänglich schlanke Kegelform auch im Alter und reicht mit ihren horizontal stehenden, quirlständigen Aesten auch im Schlusse tiefer herab als bei der gemeinen und der Schwarzkiefer. Bei dichtem Stande reinigt sie sich hoch hinauf von Aesten und kann man noch an 50jährigen Bäumen die Spuren der Astquirle bis zum Stock herab erkennen. Nach Verlust des Gipfels können bei älteren Bäumen durch Ersatzgipfelbildung sehr unregelmässige und malerische Kronen entstehen. Im freien Stande sind Kandelaberbäume nicht selten. Die Lebensdauer der Nadeln beträgt 2—3 Jahre. Die Bewurzelung ist ausserordentlich stark, aus einer mächtigen Pfahlwurzel und weit ausstreichenden Seitenwurzeln zusammengesetzt. Das sehr harzreiche, aber wenig dauerhafte, gelblichweisse Holz ist leichter als dasjenige aller unserer einheimischen Waldbäume. Am frisch gefällten Baum sind Splint und Kern kaum zu unterscheiden, das Austreten von Harz bezeichnet die Grenze zwischen beiden besser als die Farbe. Später erscheint unter dem Einfluss von Luft und Licht eine Kernfarbe wie bei der Kiefer. Anatomisch gleicht es, von den viel breiteren Jahresringen abgesehen, vollständig demjenigen der Zirbel.

Die Rinde, anfangs glänzend schwärzlichgrau oder olivenbraun, verwandelt sich erst vom 20.—30. Jahr ab in eine längsrissige, aussen graue, innen rötlichviolette Tafelborke, die in ihrer Struktur gleichfalls sehr der Zirbel gleicht, aber selbst bei 80jährigen Bäumen selten über 7 m am Stamm emporreicht. — Die Heimat der Strobe ist das nordöstliche Nordamerika, von Kanada bis zu den Alleghanies und östlich bis zum Mississippi, wo sie nach der genutzten Holzquantität zur Zeit noch der wichtigste und wertvollste Waldbaum der ganzen Union ist. Sie wächst in ihrer Heimat, wo sie bis ca. 400 Jahre alt wird, vorzugsweise in der Ebene, und ihr spezifischer Standort ist dort ein frischer bis feuchter sandiger Lehmboden mit geringer Erhebung über den Grundwasserspiegel unter klimatischen Bedingungen, denen nach Mayr in Deutschland die Zone des Eichen- und Buchenmischwaldes, des reinen Buchen- und Buchen- und Tannenmischwaldes entspricht. In Europa wurde sie schon 1705 eingeführt und ist die erste exotische Nadelholzart gewesen, welche sich in Deutschland und Oesterreich-Ungarn als Waldbaum eingebürgert und wirklich forstliche Bedeutung erlangt hat. Sie vermag sich bei uns bei genügender Tiefgründigkeit fast allen Bodenarten zu akkomodieren — nur heisse Kalkböden sagen ihr nicht zu — übertrifft an Schnellwüchsigkeit und Massenproduktion alle einheimischen Coniferen, ist vollständig sturmfest, frosthart und in Folge ihrer sehr elastischen Aeste und der Eigentümlichkeit ihrer Nadeln, sich bei Schnee und Regen zu einem dichten Strang zusammenzulegen gegen Schneedruck und Eisanhang viel widerstandsfähiger als die Kiefer und nimmt in ihren Lichtansprüchen ähnlich der Fichte eine mittlere Stellung ein. Dagegen ist sie empfindlich gegen Hagel, in jüngerem Alter gegen Trockenhitze (Rindenbrand) und gegen

Wurzelpilze. Von Natur auf die Ebene angewiesen, gedeiht sie in Deutschland und Oesterreich doch noch in mittleren Gebirgslagen von 500—700 m, in der Schweiz sogar bis 1200 m, verlangt aber immer einen reichen Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

16. Pinus excelsa Wallich. Himalaya-Weymouthskiefer, Thränenkiefer ist ein prachtvoller Parkbaum vom Himalaya, dort 30—50 m Höhe erreichend, 1823 in Europa eingeführt, versuchsweise auch im Walde in der Rheinpfalz kultiviert, aber jedenfalls nur für milde bezw. geschützte und luftfeuchte Lagen geeignet. Sie unterscheidet sich schon als junge Pflanze von der Weymouthskiefer durch ihre bis 18 cm langen, schlaff hängenden Nadeln und übertrifft dieselbe in allen Dimensionen und an Wuchsgeschwindigkeit. Knospen cylindrisch, spitzlich. Zapfen lang (3—4 cm) gestielt, bis 27 cm lang. Samen 7—8 mm, mit dem Flügel bis 3 cm lang.

17. Pinus peuce Grisebach. Rumelische Strobe, vielfach als Unterart zur vorigen gestellt, ist eine Gebirgsstrobe, die in 800—2000 m Meereshöhe zwischen dem adriatischen und schwarzen Meere heimisch ist, besonders auf dem Balkan, wird nur bis 14 m hoch und bleibt in der Knieholzregion ein Busch. 1839 von Grisebach entdeckt, ist sie im deutschen Klima viel härter als die vorige. Krone schmal pyramidal, bis zum Boden. Knospen fast kugelig mit aufgesetzter Spitze. Nadeln steifer, nicht hängend, bis 10 cm. Zapfen kürzer gestielt, bis 13 cm lang. Samen mit Flügel nur 15 mm. In ihrer ganzen Erscheinung ähnelt sie sehr einer jüngeren Zirbel oder Strobe.

b) Zirbelkiefern (Subsektion Cembra.)

§ 52. Zapfen kurz, eiförmig oder walzig, aufrecht sitzend, nach der Samenreife zerfallend. Zapfenschuppen stark verdickt, weich. Samen gross, hartschalig, ungeflügelt, d. h. die Flügel sind bis auf eine kleine Schuppe oder die bandförmig den Samen umfassende Zange reduziert.

18. Pinus cembra Linné. Zirbel-Kiefer, Zirbe, Arve. Junge Triebe im 1. Sommer rotgelbfilzig behaart, später kahl. Knospen kugelig, lang zugespitzt, harzlos, an den Enden der Zweige meist einzeln. Nadeln 5—9 cm lang, ca. 15 mm breit, ziemlich steif, auf den planen Flächen bläulichweiss gestreift, auf dem Rücken dunkelgrün; Harzgänge, den Kanten entsprechend, meist 3, im Parenchym. Blüten ähnlich wie bei der Strobe. Junge Zapfen am Ende des 1. Jahres wallnussgross, im 2. 5—8 cm lang, 3—5 cm breit, auf bräunlich violettem Grunde heidelbeerblau bereift, mit weissgrauem Nabel, reif hellrötlich-zimmetbraun. Samen 8—12 mm lang, bis 8 mm breit, verkehrt eiförmig, dickschalig, essbar (Zirbelnüsse). Ein Kilo enthält 4000—5000 Nüsse.

Mannbarkeit bei kultivierten Exemplaren schon mit dem 25. Jahre und früher, auf den hochgelegenen natürlichen Standorten meist erst mit 70 und 80 Jahren. Samenjahre im Durchschnitt alle 10, unter günstigen Umständen alle 6—8 Jahre. Samenreife Ende Oktober bis Mitte November. Abfall der bald nachher zerfallenden Zapfen mit den Samen gegen das nächste Frühjahr. Vielfach aber werden die Samen schon im August oder September von Eichhörnchen und Zirbelhäher ausgefressen. Nach der Aussaat liegt Zirbelsamen gewöhnlich 1 Jahr über, ehe er keimt, einzelne Körner auch 2—3 Jahre. Keimpflänzchen mit meist 10 dunkelgrünen über 3 cm langen Keimnadeln an dickem Stengel. Weiterentwickelung ähnlich der Strobe, das junge Pflänzchen wächst aber sehr langsam und die Astquirlbildung beginnt gewöhnlich erst mit dem 5. Jahre. Auf günstigen natürlichen Standorten erreicht der Baum mit 10 Jahren 1/2 m, mit 20 1,2 m, mit 40 4 m, mit 60 7 m,

mit 80 9—10 m, mit 100 12 m, mit 140 17 m, mit 200 20 m, womit das Höhenwachstum (bis 22 m) abgeschlossen ist. Der Baum kann aber noch Jahrhunderte in die Dicke wachsen, so am Findelengletscher bei der Riffelalp nach meinen Untersuchungen bis zu 1000 oder 1100 Jahren, und bis 2,30 m Durchmesser erreichen! Bei ungestörtem Wachstum zeigt die Zirbel in den ersten Jahrzehnten eine sehr regelmässig aufgebaute, schlank kegelförmige, tief herabreichende Krone, die auch bei alten Bäumen gleichmässig abgewölbt, eiförmig, bis wenige Meter über dem Boden herabreichen kann. Gewöhnlich aber sind alte Zirbeln von Wind, Schnee und Wetter hart mitgenommen und zeigen die bizarrsten und malerischsten vielwipfeligen Kronen mit vielen aufgerichteten Aesten. An Lebenszähigkeit und Reproduktionskraft kann sich keine andere europäische Konifere mit der Zirbel messen. Die Bewurzelung ist trotz der später in ihrer Entwickelung mehr und mehr zurückbleibenden Pfahlwurzel durch weit streichende, starke, im Alter oberflächlich oft blossgelegte und gebleichte Seitenwurzeln eine durchaus sturmfeste. Die Lebensdauer der Nadeln beträgt an kräftigen Trieben 5—6, an schwachen oft nur 3 Jahre. — Das ausserordentlich dauerhafte, harzreiche, gleichmässige und leichte Holz von den natürlichen Standorten ist ein sehr wertvolles Nutzholz (Holzschnitzereien) mit schmalem gelblichem Splint und anfangs sehr hellem gelbrötlichem Kern mit sehr engen, meist sehr gleichmässigen Jahresringen. Mikroskopisch zeichnen sich dieselben durch sehr schmale, nach innen nicht scharf abgesetzte Spätholzzonen aus, deren Tracheiden ausserdem viel schwächere Wandverdickung zeigen wie beim Spätholze unserer Kiefern, daher die Gleichmässigkeit. Die Markstrahltracheiden sind glattwandig, ohne kammförmige Verdickungsleisten, die Markstrahlparenchymzellen korrespondieren mit den angrenzenden Holztracheiden häufig durch zwei (oder mehr) grosse Tüpfel. Harzgänge gross und zahlreich. Die Rinde bleibt lange hellsilbergrau, glatt und glänzend und verwandelt sich erst in höherem Alter in eine aussen braungraue, innen rotbraune Schuppenborke, die auch an sehr alten Bäumen nur geringe Dicke besitzt.

In Mitteleuropa ist die Zirbel ausschliesslich Hochgebirgsbaum, in den Alpen und Karpathen mit sehr zerstückeltem Verbreitungsgebiet meist horstweise oder vereinzelt zwischen Fichten und Lärchen auftretend und über diesen die Baumgrenze bildend. In Bayern wächst sie zwischen 1500 und 1800 m (Schachenalp), in der Schweiz bis ca. 2200 m (Wallis), 2400 m (Engadin), in der Dauphiné und Südtirol (Stilfserjoch) bis 2500 m, in der hohen Tatra zwischen 1300 und 1600 m. Ausserhalb dieses Verbreitungscentrums bildet die Zirbel, meist in bruchigen Ebenen, ausgedehnte Wälder im nördlichen Russland und durch das ganze nördliche Sibirien, steigt aber dort, entsprechend kleiner bleibend, auch hoch im Gebirge empor. Die sibirische Zirbel, durch höheren Wuchs (bis 40 m), grössere, mehr walzenförmige Zapfen, und grössere, dünnschaligere Samen ausgezeichnet, ist wahrscheinlich nur eine klimatische Varietät der Alpenzirbel. Als Standortsansprüche wären reichliche Luft- und Bodenfeuchtigkeit zu nennen, bei ausserordentlicher Anspruchslosigkeit hinsichtlich der Luftwärme. In ihrem Lichtbedürfnis nimmt sie wie die vorstehende Art eine Mittelstellung ein. An der oberen Grenze des Verbreitungsgebietes ist sie, namentlich in höherem Alter, bei der oft nur $2^1/_2$ Monate betragenden Vegetationszeit mehr Lichtholzbaum, während sie als junger Baum und in tieferen, sonst günstigen Lagen ein ziemliches Schattenerträgnis aufweist, wie schon ihre dichte Krone und das Aufkommen von Nachwuchs unter ihrem eigenen Kronenschatten und selbst dem von Fichten anzeigt. In der Schweiz und in Oesterreich hat man sie in neuerer Zeit in grösserem Massstabe auf geeigneten Standorten wieder aufgeforstet; ausserhalb ihres natürlichen Vorkommens ist sie, von

kleinen Anpflanzungen in Hochlagen der meisten deutschen Mittelgebirge abgesehen, nur Parkbaum.

19. Pinus koraiensis. Siebold et Zuccarini. Koreazirbel, heimisch in Korea, der Mandschurei und im mittleren Japan, wo sie im Eichen- und Rotbuchengebiet bis 40 m Höhe erreicht, zählt mit der Himalayastrobe zu den schönsten Kiefern. Die Nadeln sind 7—15 cm lang; schon die 1jährige Pflanze entwickelt 5 nadelige Kurztriebe. Harzgänge wie bei unserer Zirbel im Parenchym. Die Zapfen sind 10—15 cm lang mit oberwärts stark auswärts gebogenen Apophysen, die essbaren Samen 15—17 mm lang und 11—13 mm dick, 1846 zuerst in Europa eingeführt, neuerdings wieder von Mayr für forstliche Anbauversuche, wächst sie anfangs langsam, in 8 Jahren bis 1 m, ist aber zwischen Buchen und Eichen völlig frosthart. Ihr Holz mit rötlichem Kern ist leicht und weich, ähnlich demjenigen der Strobe.

20. Pinus parviflora. Siebold et Zuccarini. Mädchenzirbel, gleichfalls aus Japan, hat viel kürzere ($2^1/_2$—5 cm), feinere Nadeln, deren Harzgänge aber an der Epidermis liegen, kleine (4—7 cm) Zapfen ohne abstehende Nabelspitze. Samen 10:8 mm. Einführung und Verhalten in Europa wie bei vorstehender.

2. Tribus. Taxodieae.

§ 53. Nadeln, Staubblätter und Fruchtblätter spiralig angeordnet, letztere nur an der Spitze etwas geteilt. Pollenkörner ohne Flugblasen.

1. Sciadópitys verticilláta. Siebold et Zuccarini. Japanische Schirmtanne ist ein Waldbaum des mittleren Japan, von pyramidalem Wuchse, mit sehr dauerhaftem, leichtem, weissem, sehr elastischem Holze, der, in der Region der Edelkastanie und Eiche heimisch, 20—40 m Höhe und 1 m Durchmesser erreicht, über 100 Jahre alt wird und mit seinen zu 20—40 in Scheinquirlen stehenden, langen, glänzenden „Doppelnadeln" eine ganz eigenartige, fremde Erscheinung bietet. Bei uns wird sie nach Mayr nur im Gebiet der Laubhölzer, soweit Eiche noch Nutzholz wird, mit Aussicht auf Erfolg angebaut werden. Da der im Mai im Freien gesäte Samen erst im Oktober oder November keimt und die Sämlinge dann der Gefahr des Frosttodes in schneearmen Wintern ausgesetzt sind, schlägt Mayr Aussaat im Juli oder August vor, um die Keimung im folgenden Frühjahr zu veranlassen. — Der Baum trägt an Langtrieben nur Schuppenblätter, in den Achseln der obersten jedes Jahrestriebes stehen Kurztriebe mit zwei an der Basis verwachsenen, 6—15 cm langen, $2^1/_2$—7 mm breiten Nadeln. Zapfen stumpf, 7—10 cm lang, 4—5,5 cm dick. Samen zu 7 an jeder Fruchtschuppe. — 1861 wurde sie in Europa eingeführt, ist in der Jugend, bis zum 12. Jahre, bei uns beispiellos trägwüchsig (4jährige 17 cm!), dann wächst sie in milden Gegenden gut, kann aber auch härtere Winter aushalten.

2. Cryptomeria japonica Don. Cryptomerie ist ein wertvoller Waldbaum des nördlichen Japans, wo sie Fröste bis —20° aushält und 40—60 m Höhe bei 1—2 m Durchmesser erreicht. Sie verlangt bei uns nach Mayr mildes Klima, hinreichende Boden- und namentlich grosse Luftfeuchtigkeit (z. B. Ostfriesland oder Nähe von Binnenseen u. dergl.) und sollte im allg. nur in den wärmsten Lagen des Laubwaldes angebaut werden; in trockenen Lagen dagegen verkümmert sie zu elenden Krüppeln. Die forstlichen Anbauversuche haben im grössten Teile Preussens nicht befriedigt, die Pflanzen mit der intensivsten (rot-blauroten) Winterfärbung haben sich dabei weitaus am frosthärtesten erwiesen; im allg. litten die Pflanzen sehr unter Frost und Wildverbiss. — Knospen nackt. Aeste einzeln (wie bei der Lärche). Krone stumpf, pyramidal-eirund. Nadeln 5reihig, aufwärts abstehend, am Tragzweig etwas herablaufend, leicht einwärts gebogen, lineal-pfriemlich, stumpf 3—4kantig.

Zapfen $1^1/_2$—3 cm lang und fast ebenso dick; Zapfenschuppen mit 3(—6) Samen. Das weiche, leichte, sehr dauerhafte Holz mit rotem Kern ist das wichtigste Weichnutzholz Japans. 1842 in Europa eingeführt.

3. Sequoia gigantea Torrey. Wellingtonie, Mammuthbaum. Diese Riesen des Pflanzenreichs, in der Sierra Nevada des mittleren Californiens ausschliesslich auf Westabhängen in 1200—2500 m Meereshöhe mit sehr lokaler Verbreitung heimisch, erreichen dort eine Höhe bis zu 120 m, Durchmesser bis zu 16 m und ein Alter von mehreren tausend Jahren. Erst 1850 entdeckt, 1853 in Europa eingeführt, verlangt die Wellingtonie bei uns tiefgründigen frischen Boden mit durchlassendem Untergrund, mildes Klima, hohe Luftfeuchtigkeit. — Verbreiteter Zierbaum, der wohl nur aus Gründen der Forstästhetik, eingesprengt oder in kleinen Horsten, in entsprechenden Lagen in Frage kommen kann. (Ein prächtig gedeihendes junges Wellingtonienwäldchen befindet sich z. B. bei Weinheim an der Bergstrasse.) — Nadeln allseitswendig, an nicht blühenden Trieben aufrecht, angewachsen herablaufend, 4—8 mm lang, halbstielrund, pfriemenförmig, lang gespitzt, an blühenden angedrückt, dachziegelartig, schuppenförmig. Zapfen 4—7 cm lang, 3—4 cm dick, mit schildförmigen Fruchtschuppen. Wuchs dauernd schlank pyramidal. Stamm sehr abholzig. Lebenszähigkeit und Reproduktionsvermögen sehr gross.

4. Taxodium distichum Richard. Amerikanische Sumpfcypresse ist ein sommergrüner echter Sumpfbewohner, der im südöstlichen Nordamerika bis zum 43° n. Breite charakteristische Sumpfwälder bildet, aber auch im feuchten Sande, an See- und Flussufern vorkommt und an der Nordgrenze seines Verbreitungsbezirkes bis zu 19° Kälte auszuhalten hat. Die jungen Bäume sind an der Basis dick flaschenförmig angeschwollen und von zahlreichen den Wurzeln entspringenden, zur Atmung im Sumpfe dienenden spitzen Auswüchsen (Wurzelknie) umgeben. Im Alter bekommen die bis 45 m hohen Bäume eine breit und flach schirmförmige Krone. — In Europa etwa 1640 eingeführt, finden sich bei uns schon viele Exemplare von 20 m Höhe und 1 m Durchmesser, bei einem Alter von ca. 80 bis über 100 Jahren. In der Jugend ist der raschwüchsige Baum frostempfindlich und ist daher bei Anbauversuchen in lichte Bestände eingesprengt zu erziehen; später ist er in milderen Gegenden frosthart und vielfach als Parkbaum zu treffen. Die zarten, schmalen, flachen, hellgrünen 1—$1^1/_2$ cm langen Nadeln stehen zweizeilig gescheitelt an 6—10 cm langen, schlanken Kurztrieben (Fiederblättchen ähnlich) und werden als „Absprünge“ im Herbste mit diesen abgeworfen. Das Holz hat gelblichen Splint und braunen Kern und ist, selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen verwendet, ausserordentlich dauerhaft.

3. Tribus. Cupressineae.

§ 54. Nadeln, Staub- und Fruchtblätter stets in 2—4gliederigen Quirlen gestellt. Die Fruchtblätter lassen nur an der Spitze die Andeutung einer Teilung erkennen. Die Laubblätter mit Ausnahme von Juniperus sowie den Primärnadeln der andern Arten sind schuppenförmig, an der Basis mit der Rinde des Tragzweiges verbunden. Keimlinge normalerweise zweinadelig. Pollenkörner ohne Flugblasen. Wuchs in der Jugend spitz pyramidal, bis zum Grunde beastet. — Die „Retinospora“-arten sind aus benadelten Zweigen der jungen Pflanzen durch Stecklingsvermehrung erzogene „Jugendformen“. Das aromatische Holz der Cupressineen ist wie dasjenige der vorstehend erwähnten Taxodieen anatomisch charakterisiert durch die nur aus Parenchym bestehenden Markstrahlen, durch das Vorkommen von Längsparenchym im Spätholz und das Fehlen der Harzgänge.

Thujopsis dolabrata. Siebold et Zuccarini. Die beilblätterige

Hiba ist durch ihr vorzügliches, sehr dauerhaftes und elastisches, leicht bräunliches, leichtes Holz ein höchst wichtiger Nutzholzbaum Japans, dort in der kühleren Hälfte des Edelkastanienklimas mit Eichen heimisch und 1853 in Europa eingeführt und hier verbreiteter Parkbaum. Mayr hielt sie stets unter allen japanischen Coniferen, trotz ihrer grossen Trägwüchsigkeit, wegen ihrer waldbaulichen und technischen Eigenschaften für die für Deutschland wichtigste Conifere Japans. Sie erreicht in ihrer Heimat bis 35 m Höhe, verträgt starke Beschattung, macht mässige Ansprüche an die Bodengüte (begnügt sich noch mit Böden mit stark sandiger Beimischung) und verjüngt sich leicht durch Bewurzelung der am Boden aufliegenden Zweige und durch Stecklinge. Für Anbauversuche ist sie wie keine andere ausländische Holzart zum Unterbau von Eichen, Lärchen und Föhren in passenden Lagen geeignet und so zugleich vor der Schneedruckgefahr in der Jugend möglichst geschützt. — Die Gattung ist durch 4—5samige Fruchtschuppen charakterisiert; die einzige Species[36]) durch auffallend flache, breite und derbe, in wagrechter Ebene wiederholt verzweigte Zweige, deren relativ grosse, kreuzweis gegenständige (vierfach dachziegelige) Schuppenblätter der Oberseite fast ganz angewachsen und oberseits dunkelgrün sind, unterseits mit grossem weissem Fleck (der Spaltöffnungslinien). Der Leittrieb steht steif aufrecht.

Libocedrus decurrens Torrey Heyderia. Californische Flussceder. Dieser sehr wertvolles Holz mit dunklem Kern liefernde Waldbaum tritt südlicher als die Lawsonscypresse im Küstengebirge Oregons und in der Sierra Nevada Californiens zwischen 1500 und 2700 m in Gesellschaft der Abies concolor in grosser Menge auf und erreicht mit „zuckerhutförmiger" Krone 56 m bei 1,35 m Durchmesser. Von Carrière wurde sie als Thuja gigantea beschrieben und ist vielfach als solche in Deutschland verbreitet worden. Sie ist charakterisiert durch ihre auf Ober- und Unterseite gleichen, decussierten Schuppenblätter, von den stets vier zusammen einen Scheinquirl bilden. Zweige flach, Leittriebe steif aufrecht. Zapfen 2—3 cm lang, aus 6 Schuppen bestehend, von denen nur die zwei mittleren fruchtbar sind, je zwei grossflügelige Samen enthalten und sich beim Aufspringen weit bogenförmig zurückbiegen. 1854 in Europa eingeführt. In Deutschland gedeiht sie nur in luftfeuchten milden Lagen gut, da sie in rauhen stark zurückfriert; neuerdings ist sie auch in den Kreis der forstlichen Anbauversuche gezogen.

Lebensbäume (Thuja.)

§ 55. Bei der Gattung Thuja sind die Zweige auffällig flach, die decussierten, mit einer vorspringenden Oeldrüse besetzten Schuppenblätter nur wenig über die Zweigoberfläche hervorragend, auf der Fläche des Zweiges flach, an den Kanten zusammengefaltet, Leittrieb steif aufrecht. Die sehr kleinen männlichen Blüten sind kugelig, endständig, die schuppenartigen Staubblätter tragen je 4 Pollensäcke. Die weiblichen Blüten bestehen aus 3—5 Paar decussierter Fruchtschuppen, von denen das meist zu einem Säulchen verwachsene oberste Paar unfruchtbar, die mittleren stets, das unterste Paar meist fruchtbar 2 (1—3) Samen tragen. Zapfenschuppen lederartig, blattartig, mit den Rändern übereinander greifend. Samen länglich, mit zwei schmalen seitlichen Flügeln. Zapfenreife 1jährig. Keimblätter 2. Drei, als Zierbäume viel angepflanzte, Arten dieser Gattung sind zu forstlichen Anbauversuchen herangezogen worden.

---

36) Das forstwissensch. Centralblatt 1898 enthält eine sehr brauchbare colorierte Tafel von H. Mayr zur Unterscheidung der forstlich wichtigen Cupressineen nach beblätterten Zweigen.

1. Thuja gigantea Nuttal. Riesen-Lebensbaum. Pacifische Thuja. (Syn. Th. Menziesii Dougl., Lobbii Hort., plicata Don. z. T.) vielfach mit Libocedrus verwechselt, ausgezeichnet durch spätere Raschwüchsigkeit und Holzgüte, ist ein Waldbaum des nordwestlichen Nordamerika, wo sie im Felsengebirge auf die unmittelbare Nähe der Gebirgsbäche angewiesen ist, in dem boden- und luftfeuchten, nur wenig über das Meeresniveau erhobenen Gebiet der Ebene aber zu gewaltigen Dimensionen in reinen Beständen (Durchschnittshöhe 50 m) erwächst und bei sehr schwach beasteter Krone kegelförmige Stämme bildet, die an der Basis enorm breit sind (in 2 m Höhe häufig 3 m und mehr Durchmesser). In der Jugend lange Zeit Schatten ertragend und dabei stetig, aber sehr langsam wachsend, reinigt sie sich nur sehr schwer von den harten, langlebigen Seitenästen und bildet nur in sehr engem Druck einen astreinen Nutzschaft. Das leichte, etwa die Schwere des Weymouthskiefernholzes besitzende Holz hat schmalen Splint, graubraunen Kern und ist sehr dauerhaft. — Die Seitenzweige ohne weitere Verzweigung sehr lang gestreckt. Schuppenblätter auf der Zweigoberseite dunkel-, auf der Unterseite hellgraugrün gefleckt, mit dunkelgrünem Rand (an jungen Pflanzen von japonica kaum zu unterscheiden). Flächenblätter mit wenig deutlicher, länglicher Oeldrüse. Zapfen 11—15 cm, mit 2—3 Paar fruchtbaren Schuppen. Samen 1/3 kürzer als die Fruchtschuppen. — 1833 in Europa eingeführt, zeigt sie bei den in grösserem Masse ausgeführten forstlichen Anbauversuchen der beiden letzten Jahrzehnte vortreffliches Gedeihen bei sorgsamster Berücksichtigung ihrer Standortsansprüche: ziemliches Mass von Bodenfrische, am besten frischer bis feuchter, humoser, tiefgründiger, lehmiger Sandboden, während sie hinsichtlich der mineralischen Nährstoffe weniger anspruchsvoll ist. In den ersten Jahren ist die Pflanze schwach (im 1. Jahre nur 3 cm lang mit ebenso langer, mit 1—2 cm langen Seitenwurzeln besetzter Pfahlwurzel; im 2. 10—15 cm, im 3. energischer Höhentrieb, vom 7. sehr lebhaftes Höhenwachstum, so dass 8jährige Pflanzen schon 3 m erreichen). Die junge Pflanze ist empfindlich gegen Frost und Dürre, Halbschattenholzart, die nur schwache Beschirmung, aber Seitenschutz verlangt; später wird sie frosthärter, bleibt aber empfindlich gegen Dürre.

2. Thuja Standishii Carrière (syn. japonica Maximovicz). Japanischer Lebensbaum. Dieser in den Centralgebirgen Japans einheimische Waldbaum, durch dünne blaurote Rinde ausgezeichnet, besitzt ebenfalls ein sehr wertvolles, schmutzigbraunes, sehr leichtes und sehr dauerhaftes Kernholz und erreicht bis 35 m Höhe, ist aber trägwüchsiger als die vorstehende Art. Schuppenblätter dicker und breiter, Drüsenrinne oberseits kaum sichtbar. Zweige reicher verästelt und die einzelnen Glieder kurz. Zapfen 8 mm lang, mehr rundlich, Samen so lang wie die Fruchtschuppen. 1861 in Europa eingeführt, zu forstlichen Anbauversuchen erst neuerdings herangezogen und nach Mayr wie Chamaecyparis obtusa im Walde zu verwenden.

3. Thuja occidentalis Linné. Gemeiner Lebensbaum, atlantische Thuja. Dieser bei uns als Zierbaum und Heckenpflanze, namentlich auf Kirchhöfen allgemein verbreitete Baum ist im östlichen Nordamerika (von Canada bis Carolina) heimisch, in den Gebirgen auf die unmittelbare Nähe der Bäche beschränkt, in der Ebene aber in kalten sumpfigen Lagen auf weite Strecken reine Bestände bildend und erreicht bis 20, unter günstigen Verhältnissen 31 m Höhe bei 1,40 m Durchmesser. Langsamwüchsig durch ihr ganzes Leben, kräftige Beschattung ertragend, produziert sie trotz des sumpfigen Standortes ein sehr dauerhaftes, weiches und leichtes, im Kern dunkelgelb gefärbtes Holz. Schuppenblätter oberseits dunkel-, unterseits hellgrün, mit kugelig-ovaler, erhabener Oeldrüse auf den Flächenblättern. Zweige hori-

zontal oder nach verschiedenen Richtungen abstehend. In den früh und reichlich erscheinenden braungelben, im allg. 6—8 mm langen, nach der Oberseite der Zweige aufwärts gebogenen Zapfen nur ein paar Fruchtschuppen fruchtbar. — Schon 1566 eingeführt, vollständig frosthart. Mayr empfiehlt sie, da ihr „forstlich kaum eine geringere Bedeutung zukommt, als der Weymouthskiefer", warm für forstliche Anbauversuche als Schutzholzart (Vorbau) bei Aufforstung von sumpfigen Wiesen und Oedflächen, als Unterbauholzart zum Schutze des Bodens in Lichtbeständen, als Hauptholzart mit Erlen und Birken in sumpfigen Oertlichkeiten und als Pionierholzart auf Moorböden, wo sie sich in kleineren Versuchen, selbst ohne Vorbereitung des Bodens, bis jetzt freudig erhält; Schutz gegen Rehe ist unerlässlich.

Die minder frostharte Thuja (Biota) orientalis, die in Süddeutschland wie die vorige als Zierbaum vielfach kultiviert wird, unterscheidet sich durch grössere, dickfleischige, im grünen Zustande blaubereifte Zapfen, durch strichförmige vertiefte Oeldrüsen auf den Flächenblättern und durch die vorwiegend in senkrechten Ebenen verzweigten, beiderseits gleichgestalteten lebhaftgrünen Zweige leicht von den drei vorstehenden Arten.

§ 56. Chamaecyparis. Diese Gattung unterscheidet sich von der ähnlichen Thuja sehr augenfällig durch die je stärker, je länger abwärts hängenden Leittriebe, die mit Ausnahme von nutkaënsis auf der Unterseite mit milchweissen Zeichnungen versehenen, eine längliche, flache oder eingedrückte Oeldrüse tragenden Schuppenblätter und durch die kleinen, holzigen Zapfen mit schildförmigen, mit den Rändern (wie bei Cupressus) aneinanderliegenden Zapfenschuppen.

1. Chamaecyparis Lawsoniana Murray. Lawsonscypresse, Lawsonia. Die Heimat dieses durch ganz vorzügliche Holzbeschaffenheit und Raschwüchsigkeit ausgezeichneten Waldbaumes ist das Küstengebiet des südlichen Oregons und des nördlichen Californiens. Das sehr beschränkte Verbreitungsgebiet entfernt sich nirgends weiter als 7 geographische Meilen von der Küste und reicht im Küstengebirge nicht höher als 500 m. In warmen Schluchten des letzteren kommen Durchschnittshöhen von 50 m bei 1,80 m Durchmesser vor (Maximalhöhe 61 m bei 4 m Durchmesser). Zweigspitzen meist stark überhängend. Die in wagrechter Fläche verzweigten Zweige zeigen unterseits eine Reihe etwas verschwommener Xförmiger weisser Streifen (Spaltöffnungslinien) an den Berührungslinien der Blätter. Kantenblätter mit gerade nach vorn gerichteter Spitze. Zapfen 10 mm dick. Samen mit Harzbläschen (1—5) meist zu 3 unter jeder Fruchtschuppe; Flügel wenig schmäler als der fast kreisrunde Samen. 1 Kilo enthält ca. 450000 Körner. Die glänzend braunrote Rinde bleibt lange Zeit glatt. Splint schmal. Kernholz hellgelblich, mit feinen Jahrringgrenzen, für eine Cypressenart auffallend schwer (0,46), da nicht nur die schmale Spätholzzone, sondern auch das Frühjahrsholz anatomisch durch starke Zellwände ausgezeichnet ist. 1854 in Europa eingeführt. Bei den forstlichen Anbauversuchen der letzten Jahrzehnte hat sie sich als in grösserem Masse anbauwürdig bewährt. In den ersten beiden Jahren ist sie auffallend geringwüchsig (im 1. Jahre ca. 3 cm, im 2. ca. 10 cm lang), im 3. Jahre wird die Entwickelung lebhafter, mit 5 Jahren sind die Pflanzen durchschnittlich 50 bis 60 cm, mit 10 Jahren 3—4 m, mit 14 ca. 5—6 m hoch bei 10 cm Durchmesser; auf besonders kräftigem Boden sind in 12 Jahren schon 8 m erreicht worden; sie bleibt also hinter der Douglasia etwas zurück und wächst etwa so rasch wie die Strobe. Das Wurzelsystem besteht aus einigen kräftigen Herzwurzeln mit ungemein vielen, aus-

serst feinen Faserwurzeln; letztere vertrocknen bei weitem Transport oder beim Verpflanzen leicht, doch lässt sich die Lawsonia bei vorsichtiger Behandlung auch noch in stärkeren Exemplaren verpflanzen. Vom ca. 12. Jahre ist sie bei uns mannbar und produziert fast alljährlich reichlich keimfähigen Samen. Alsbald nach der Samenreife, im September oder Oktober, fallen die Samen aus und keimen bei Frühjahrsaussaat nach 3—4 Wochen. In Deutschland trotz des in ihrer Heimat sehr viel südlicher, im Gebiet der immergrünen Laubholzzone, liegenden Optimums vortrefflich gedeihend, ist sie nur in den ersten 5 Jahren frostempfindlich, nachher im allgemeinen hart, macht etwa die gleichen Bodenansprüche wie die Rotbuche, verlangt etwas Bodenfrische, Seitenschutz, wenigstens einige Jahre Schirm von oben und verträgt ziemlich viel Schatten. Trockene Standorte, Frostlagen und stark dem Winde ausgesetzte Kahlflächen sind ihr unzuträglich. Durch Aufrechtstellen der Seitenäste neigt sie zu mehrmaliger Gabelung des Stammes. Ihr Reproduktionsvermögen ist sehr beträchtlich. Als Parkbaum pyramidenförmig und bis zum Boden beastet, ist sie dekorativer wie Thuja occidentalis; sie wird wie diese und wie die folgenden Arten in einer grossen Anzahl von durch Stecklinge zu vermehrenden Wuchs- und Farbenformen in Gärten und Anlagen kultiviert.

2. Chamaecyparis obtusa Siebold et Zuccarini. Stumpfblätterige Sonnencypresse, Hinoki. In Zentraljapan, weit von der Küste entfernt, bildet die Hinoki zwischen 300 und 1800 m ausgedehnte, mit 200 Jahren noch kerngesunde Waldungen und gedeiht am besten im Hochgebirge. Sie ist forstlich die wichtigste Conifere Japans und erreicht 30—50 m Höhe bei $1^1/_2$—2 m Durchmesser. Die Zweige mit überhängenden Spitzen, dicker und steifer als bei der Lawsonia, unterseits mit einer Reihe feiner, weisser Xförmiger Streifen. Schuppenblätter sehr dicht. Kantenblätter mit stumpfer, gegen die Zweigachse gewendeter Spitze; Flächenblätter eirund-rhombisch, kleiner, angedrückt. Zapfen 10 mm dick. Samen mit Harzbläschen, meist zu 2 unter jeder Schuppe; Flügel nur $^1/_3$ so breit wie der rundlich-elliptische Same. Holz im Kern hellrosa, sehr dauerhaft, fein gefügt (Frühjahrs- und Spätholz gleich hart!) in Japan das feinste, wertvollste Weichnutzholz vom Gewicht 0.37. 1862 in Europa eingeführt, wurde sie in den letzten 15 Jahren forstlich vielfach versuchsweise angebaut und wird von Schwappach als voraussichtlich gut gedeihend bezeichnet. Die Entwickelung ist in den ersten 2 Jahren sehr langsam, dann ist sie ziemlich raschwüchsig, 4—5jährige Pflanzen 50—70 cm, 7jährige 1,5—1,7 m, 15jährige 4 m (in Grafrath). Die Keimlinge, die nach 3—4 Wochen auflaufen, sind gegen Hitze und Frost sehr empfindlich, Beschirmung derselben ist daher unbedingt geboten, später ist die Pflanze gegen Ueberschirmung sehr empfindlich, dagegen für Seitenschutz dankbar und erträgt Winterkälte noch besser als die Lawsoniana, ist aber, wie alle Cypressen, gegen Schneedruck empfindlich. Die Wurzelbildung ist vorzüglich, mit mehr Herzwurzeln, als die folgende. Zu gutem Gedeihen braucht die Hinoki frischen, kräftigen Boden. Diese in Rücksicht auf Holzqualität anbauwürdigste der japanischen Coniferen dürfte nach Mayr überall da gedeihen, wo die Eiche wächst, und die wärmsten Lagen müssten geradezu das Optimalgebiet in Deutschland werden, wenn die relative Luftfeuchtigkeit während der Vegetationszeit genügt, was der Fall zu sein scheint.

3. Chamaecyparis pisifera Siebold et Zuccarini. Erbsenfrüchtige Sonnen-Cypresse. Sawara. Mit der vorigen Art gleichfalls als Waldbaum in Zentraljapan verbreitet, zeigt sie ähnliche Wuchsverhältnisse, Dimensionen und Lebensansprüche, doch ist das rötlichgelbe, grobfaserige Holz vom Gewicht 0.37

viel weniger geschätzt. Von der vorigen Art, der sie in den ersten Jahren sehr ähnlich sieht und mit der sie vielfach verwechselt wird, weil die Samen beider Arten vielfach miteinander vermischt zu uns kamen, ist sie durch die eilanzettlichen, scharfgespitzten, am oberen Ende vom Zweige abstehenden Flächenblätter und die auf der Unterseite mit 2 Reihen länglicher weisser Flecken (aufgelöste X-Figur) versehenen Zweige, durch die kleinen, 6 mm dicken Zapfen und die Samen mit $1^1/_2$mal so breitem Flügel leicht zu unterscheiden. Das Wurzelsystem besteht nach Schwappach vom Wurzelhals ab aus reichlich mit Fasern versehenen Seitenwurzeln, die sich im 8jährigen Alter ca. 75 cm rings um den Stamm erstrecken, aber selbst in stark gelockertem Boden nur ca. 20 cm tief eindringen. Das Wachstum ist in der Jugend erheblich rascher; gegen Luft und Bodentrockenheit ist sie, namentlich im Frühjahr, sehr empfindlich, dagegen scheint sie die winterhärteste der 3 Chamaecyparisarten zu sein, welche die Winterkälte selbst in den Hochlagen der Eifel anstandslos ertragen hat. 1861 in Europa eingeführt und wie vorige forstlich versuchsweise angebaut.

4. Chamaecyparis nutkaënsis Spach. Nutka-Cypresse. In erheblich kühlerem Klima als die Lawsonia besonders in den Bergen von Britisch-Kolumbia und in der Ebene des südlichen Alaska in der Zone der Birken, Erlen, Fichten und Tannen noch als Baum von 40 m Höhe vorkommend, dürfte diese wertvolle Cypresse nach Mayr erheblich frosthärter als die Lawsonia sein. In ihrer Heimat gilt sie wegen ihres leichten, weichen und sehr dauerhaften Holzes als der wertvollste Waldbaum. Ihre robusteren Zweige sind oberseits dunkelgrün, unterseits heller bis bläulichgrün, ohne weisse Zeichnungen, der Gipfeltrieb gewöhnlich aufrecht, Schuppenblätter spitzig, an den Kanten wie Sägezähne abstehend, und die Samen mit ebenso breitem Flügel fast kreisrund, ohne Harzbläschen.

5. Chamaecyparis sphaeroidea Spach (Ch. thyoides Linné). Kugelcypresse. Dieser Sumpfbewohner des nordöstlichen Amerika, der dort bis 25 m Höhe erreicht, ist von den vorstehenden Arten durch seine sehr schmalen (bis 1,3 mm breiten) graugrünen Zweige, die unterseits 2 bläuliche Längsstreifen zeigen, durch die stark vorspringende halbkugelige Oeldrüse der Flächenblätter, die 4—6 mm dicken Zapfen und die fast kreisrunden mit 2 sehr schmalen Flügeln versehenen Samen verschieden. Schon 1736 in Europa eingeführt, hat sie sich als vollkommen winterhart erwiesen, ist bis jetzt nur als Zierbaum kultiviert, gedeiht aber nur auf feuchtem Boden gut und ist nach Mayr ihres zwar leichten (0,33) aber wertvollen und sehr dauerhaften Holzes für Anbauversuche auf Erlenbruch- und Sumpfboden zu empfehlen.

§ 57. Cupressus sempervirens Linné. Die gemeine Cypresse, aus den Gebirgen Persiens und Kleinasiens stammend, aber schon zur Römerzeit im Mittelmeergebiet bis zu den Alpen angepflanzt, ist mit ihrem an die Pyramidenpappel erinnernden Wuchs heute ein Charakterbaum der Mittelmeerländer, insbesondere der Friedhöfe. Durch ihre sehr dichte Verzweigung, dunkelgraugrüne, nicht flachgedrückte Zweige und an den schwachen Seitentrieben älterer Pflanzen fast gleichseitig dreieckige, fest angedrückte stumpfe Schuppenblätter mit eingedrückter ovaler Harzdrüse und die bis wallnussgrossen Zapfen ist sie leicht von vorstehender Gattung zu unterscheiden. Sie erreicht bis 25 (im Orient über 50 m Höhe und über 2000 Jahre), besitzt ein vorzügliches, sehr festes, hartes, schweres und fast unverwesliches Holz vom Gewicht 0,62, hält aber in Deutschland als Zierbaum nur in den allermildesten Lagen (Mainau, Südtirol) aus. Bestandbildend tritt sie nur auf der Dalmatinischen Halbinsel Sabbioncello auf, wo ein alter, über 11 Hektar grosser, durch

eigenen Samenabfall sich verjüngender Cypressenwald stockt.

§ 58. Wachholder (Juniperus). Die Nadeln, welche oberseits einen (bis zwei) weisse Spaltöffnungsstreifen tragen (Unterschied von Cupressineenjugendformen), stehen in 2- oder 3gliedrigen Quirlen. Die Blüten sind 2häusig und stehen endständig an mit Schuppenblättern besetzten Seitenzweigen, die männlichen sind eiförmig und bestehen aus zahlreichen schildförmigen Staubblättern mit je 3—7 blasigen Pollensäcken; die Fruchtschuppen der weiblichen Blüten, die nur je eine Samenanlage tragen, werden nach der Bestäubung fleischig und verwachsen mit einander und mit den tiefer stehenden sterilen Fruchtschuppen zu einem Beerenzapfen, der sog. Wachholderbeere, an dessen Scheitel die freigebliebenen Ränder der verwachsenen Fruchtschuppen noch deutlich zu erkennen sind. Samenreife 2jährig.

A. Aechte Wachholder (Sektion Oxycedrus).

Nadeln schmal lanzettlich, am Grunde abgegliedert, in dreizähligen, abwechselnden Quirlen. Beerenzapfen nur aus 3 Fruchtschuppen gebildet, fast sitzend.

1. Juniperus communis Linné. Gemeiner Wachholder. (Franz. Genévrier.) Kranewit (Bayern), Machandel (Ostsee), Kaddick (Ostpreussen), Geneverboom (Vläm). Nadeln steif, bis 4 Jahre bleibend, 4—22 (meist 10—15) mm lang, 1 (bis höchstens 2) mm breit, im obern Drittel allmählich in eine scharfe Stachelspitze verjüngt, gerade, mehr oder weniger abstehend, oberseits mit breitem bläulichweissem Mittelstreif, unterseits hellgrün, mit Längsfurche; im Querschnitt ein Gefässbündel und darunter ein grosser Harzgang. Beerenzapfen sehr kurzgestielt, im 1. Herbst eiförmig, grün, im 2. nahezu kugelig, dunkelbraunviolett, hechtblau bereift, 6 bis 9 mm gross, mit 3 Samen, die 1—2 Jahre bis zur Keimung überliegen. Aeste zerstreut oder undeutlich quirlständig, bei Bäumen weit abstehend, mit abwärts gebogenen Enden. Zweige zahlreich, hängend, jung dreikantig. Die braune Rinde verwandelt sich schon vom 2. Jahre ab in eine längsrissige, in Schuppen und Streifen sich abschilfernde Faserborke. Das Holz ist feinfaserig, weich, zähe, sehr fest und dauerhaft. Wuchs meist niedrig strauchartig, seltener baumartig pyramidal bis zu 10 m Höhe.

In der Tracht, wie in Grösse und Gestalt der Nadeln sehr veränderlich, hat er zur Unterscheidung einer grossen Anzahl schwer auseinander zu haltender Formen Anlass gegeben[37]). Das Verbreitungsgebiet des gemeinen Wachholders reicht mit sehr ungleicher Verteilung in Europa von Portugal bis zum Kaukasus und von den Inseln des Mittelmeers bis zum Nordkap; ausserhalb Europas kommt er im mittleren und nördlichen Asien bis Kamtschatka, in Algerien und Nordamerika vor. Im südlichen Teil seines europäischen Verbreitungsbezirks ist er auf die Gebirge beschränkt, in den Alpen steigt er bis 1500 und 1600 m. Sehr genügsam in seinen Standortsansprüchen wächst er auf allen Bodenarten vom trockenen festen Sand- bis zum sumpfigen Moorboden, teils im Walde namentlich an frischeren Stellen als Bodenschutzholz, teils für sich allein grössere und kleinere Strecken bedeckend, besonders in Norddeutschland (Lüneburger Heide, Ostpreussen), aber auch als einziges Nadelholz und einzig immergrüne Holzart auf den sandigen Höhen zwischen Donau und Theiss mitten im steppenreichen Gebiet des ungarischen Tieflandes.

2. Juniperus nana Willdenow. Zwergwachholder. Neuerdings als Form zur vorhergehenden Art gerechnet, mit der er durch eine Reihe von Uebergängen verbunden ist. Der Zwergwachholder bildet niederliegende, bis 30 cm

---

37) Cf. Ascherson und Gräbner l. c. I. p. 243 ff.

hohe Sträucher mit kurzen und dicken Zweigen, sehr gedrängt stehenden Nadelquirlen, mit weicheren, nur 4—8 mm langen, meist bis 1 mm unter der sehr kurzen Stachelspitze wenig verschmälerten, mehr oder weniger gegen den Trieb aufwärts gekrümmten, anliegenden, meist deutlich kahnförmigen Nadeln. Diese in der oberen Berg- und Hochregion der Alpen (bis 2500 m) und Karpathen, dem Iser- und Riesengebirge und den Sudeten verbreitete Form oder Art, die sehr selten auch in Ostpreussen vorkommt, ihren Hauptverbreitungsbezirk aber in den Polarländern hat, ist ohne forstliche Bedeutung.

3. Juniperus oxycedrus Linné. Ceder-Wachholder (J. rufêscens Link.) mit sehr starren und stechenden, bis 16 mm langen Nadeln, deren bläulichweisse Oberseite der ganzen Länge nach von einem grünen Mittelstreifen durchzogen wird und deren fettglänzende, braunrot gefärbte Beerenzapfen etwas grösser sind, ist in der ganzen Mittelmeerzone, also auch in Istrien und Dalmatien, in der immergrünen Buschformation sehr verbreitet und im dortigen Walde ein langsamwüchsiges, häufiges Unterholz, das meist strauchig bleibt, ab und zu auch baumartig wird.

4. Juniperus macrocárpa Sibthorp. Grossfrüchtiger Wachholder, ist der vorigen Art ähnlich, hat aber mehr blaugrüne, biegsame, weniger abstehende bis 3 cm lange Nadeln, bereifte Triebe und grosse 12—15 mm breite, kugelige, rötlichbraun bis schwarzbraune, bereifte Beerenzapfen. Er teilt mit dem Cedern-Wachholder Verbreitung und Vorkommen, ist aber in Istrien und Dalmatien seltener. Beide Arten werden übrigens vielfach als Unterarten (3 dann als J. rufescens) zu einer Art Juniperus oxycedrus vereinigt[38]).

B. Sadebäume (Sektion Sabina).

§ 59. Nadeln klein, zu 2 gegenständig oder zu 3 quirlig, nicht abgegliedert, am Stengel herablaufend, zweigestaltig: an jungen (z. T. auch an älteren) Pflanzen länglich lanzettlich, weit abstehend, an älteren Pflanzen kurzoval-dreieckig, schuppenartig anliegend. Beerenzapfen aus 4—9 Schuppen, wie die männlichen Blüten deutlich gestielt. Pflanzen unvollkommen 2-häusig.

5. Juniperus Sabina Linné. Gemeiner Sadebaum, Sevenbaum. Nadeln fast alle kreuzweis gegenständig, beim Zerreiben zwischen den Fingern sehr stark und unangenehm aromatisch riechend. Beerenzapfen auf bis 5 mm langem, hackig rückwärts gebogenem Stiel, bis 9 mm gross, bräunlich-schwarzblau, hechtblau bereift. — Der Sadebaum bildet am häufigsten Büsche mit latschenartig niederliegenden, am Ende aufstrebenden Zweigen, seltener aufrechte bis $1^1/_2$ m hohe Büsche, noch seltener 3—4 m hohe Bäume. Er ist eine Hochgebirgspflanze Südeuropas, in den Alpen vielfach verbreitet und dort höchstens in lückigen Beständen als Bodenschutzholz von forstlicher Bedeutung. In Deutschland wird er in Bauerngärten mit Vorliebe kultiviert und ausserdem in zahlreichen Formen als Dekorationspflanze.

6. Juniperus phoenicea Linné. Phönizischer Sadebaum, im Laub der Cypresse sehr ähnlich, von dicht buschigem Wuchs mit aufstrebenden Aesten und mit kurz gestielten oder fast sitzenden, glänzenden, rotbraunen Beerenzapfen, deren Fleisch nicht wie bei den anderen Arten breiig, sondern auffallend faserig ist, kommt in Gesellschaft von 3. und 4. in der immergrünen Region des Mittelmeergebietes vor.

7. Juniperus virginiana Linné. Virginischer Wachholder,

38) Ascherson und Gräbner I. l. c. p. 247.

Bleistiftceder. In der Jugend ist die Pflanze dem Sadebaum oft ausserordentlich ähnlich, stets aber leicht dadurch zu unterscheiden, dass ihre Zweige, kräftig zwischen den Fingern gerieben, den für Sabina charakteristischen Geruch vermissen lassen. Leittrieb steif aufrecht. Benadelung sehr variabel. Nadeln zum Teil zu 3 abwechselnd quirlig, schmal, nadelförmig, abstehend, 3—8 mm lang, zum Teil kreuzweis gegenständig, dachziegelig und rhombisch, angedrückt, alle scharf gespitzt. Beerenzapfen klein, 5 mm lang, kaum 4 mm dick, braunviolett, bereift, aufrecht. — Dieser, schon 1664 in Europa eingeführte und hier als Parkbaum über 400 Jahre erreichende Wachholder ist im östlichen Nordamerika als ausserordentlich klimavage Pflanze von den kalten Küsten Neubraunschweigs bis zur tropischen Waldzone im heissen, winterlosen Florida, von der feuchten atlantischen Küste bis zur Prärie, heimisch, allerdings mit dem Optimum seiner Entwickelung (30 m Höhe) im Süden. Ebenso wie den verschiedenartigsten klimatischen, ist er auch den wechselndsten Bodenverhältnissen vom felsigen Gebirgs- und heissen mageren Sandboden bis zum feuchten Sumpfboden mit einem je nach Bodengüte wechselnden Gedeihen angepasst. Das Holz zeigt frisch gefällt einen prächtig roten Kern, der später einen gelbbraunen Ton bekommt, ist sehr aromatisch, dauerhaft und leicht (0,33) (Bleistiftholz). In der Jugend auch im Norden seiner Heimat raschwüchsig, lässt er dort bald nach. Bei uns ist er, von rauhen Gebirgslagen und von Ost- und Westpreussen abgesehen, völlig winterhart und nimmt im Winter eine rotbraune bis violette Winterfärbung an. Die Keimung erfolgt im 2. Frühjahr. Die in den 2 ersten Jahren sehr klein bleibenden Pflänzchen sind ziemlich empfindlich, vom 3. Jahre an wachsen sie rascher und erreichen mit 7—8 Jahren durchschnittlich 1 m, dann ist der Wuchs ein freudiger. In dem 5 Hektar grossen Bleistiftwald des Freih. v. Faber bei Nürnberg auf Sand- und lehmigem Sandboden, der 1876—81 mit 4jährigen Ballenpflanzen angelegt wurde, waren 1889 die Bäumchen durchschnittlich $2^1/_2$, die höchsten Exemplare auf frischerem Boden $3^1/_2$—4 m hoch, 1902 betrug die Durchschnittshöhe 6—7 m. Im allgemeinen erreicht er bei uns in 75—100 Jahren 16—18 m Höhe und scheint am besten auf frischem mildem Lehmboden zu gedeihen. Die Bewurzelung geht mässig tief. Die Mannbarkeit tritt bei uns zwischen dem 12. und 20. Jahre ein, worauf fast alljährlich ziemlich reichliche Samenjahre folgen.

§ 60. Familie Taxaceae. Eibenartige Nadelhölzer. Keine zapfenähnlichen weiblichen Blüten. Samen steinfruchtartig.

Diese Familie besitzt nur einen europäischen Vertreter:

Taxus baccata Linné. Eibe. (Franz. If.) Nadeln 2zeilig gescheitelt, flach, oft etwas gekrümmt, 2—3 cm lang und ca. 2 mm breit, denjenigen der Weisstanne ähnlich, aber stets zugespitzt, beiderseits mit vortretendem Mittelkiel, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits gelblichgrün, nicht bereift; im Querschnitt mit einfachem Gefässbündel, ohne Harzgänge; giftig; Lebensdauer 6—8 (10) Jahre. Knospen sehr reichlich, besonders im oberen Teil der Zweige; viele bleiben schlafende Augen und erklären so das ausserordentliche Ausschlag- und Reproduktionsvermögen der Eibe. Rinde rotbraun, ähnlich wie bei der Platane sich abblätternd. Blüten 2häusig; männliche schon im Herbst als kleine Knospen in der Achsel 1jähriger Nadeln angelegt, meist zahlreich, mit ca. 10 schildförmigen Staubblättern auf beschuppten Stielchen, bleichgelb, mit 5—8 der Länge nach aufspringenden Pollensäcken. Pollen ohne Flugblasen. Weibliche Blüten einzeln oder zu wenigen, nackte Samenknospen auf kurzem beschupptem Stielchen, laubknospenähnlich, im Frühjahr in den Achseln vorjähriger Triebe erscheinend. Same erbsengross, dunkelolivbraun, von einer becherartigen, anfangs grünen, dann korallenroten fleischigen Hülle (Arillus) umgeben. Mann-

barkeit nicht vor dem 20. Jahre. Blütezeit je nach Klima und Lage, 2. Hälfte März bis Anfang Mai, Samenreife dto. August bis Oktober (November). Der Same liegt bei Herbstsaat 1—3, bei Frühjahrsaat 3—4 Jahre nach Willkomm über. Keimpflanzen denen der Weisstanne ähnlich, aber ohne weisse Streifen. Weitere Entwickelung sehr langsam, bis zum 6. Jahre durchschnittlich jährlich nur $2^1/_2$—3 cm, dann etwas rascher, aber viel langsamer als bei allen übrigen europäischen Nadelhölzern; nur unter sehr günstigen Umständen mit 10 Jahren 2 m hoch. Die Maximalhöhe geht selten über 10—15 m hinaus, doch kann die Stärke eine sehr beträchtliche werden, da das Alter angeblich mehrere Jahrtausende erreichen kann. Krone lange Zeit bis zum Fuss herabreichend. Hauptäste weit abstehend und der Edeltanne ähnlich, aber ohne Quirlknospen vorzugsweise zweizeilig verzweigt. Alte Stämme spannrückig, sehr abholzig, mit gegabeltem Stamm oder tief unten entsprungenen Tochterstämmen. Das wertvolle Holz hat einen sehr schmalen gelbweissen Splint und einen rotbraunen Kern wie altes Mahagoniholz, ist schwer (0,76), ungemein feinjährig, sehr elastisch, fest und hart, schwerspaltig. Im Altertum und Mittelalter wurde es vielfach zur Anfertigung von Bogen und Armbrüsten verwendet. Jahrringgrenzen durch das dunkle Spätholz sehr deutlich, Markstrahlen sehr fein, nur mit der Loupe erkennbar. Anatomisch ist es durch das Fehlen von Harzgängen — auch in der Rinde fehlen sie — und durch sehr deutliche Spiralverdickungen sämtlicher Tracheiden ausgezeichnet. — Die Eibe ist über ganz Europa verbreitet und darüber hinaus bis zum Kaukasus und bis nach Persien mit sehr ungleichmässiger Verteilung und war in früheren Jahrhunderten in Deutschland viel häufiger, wo sie gegenwärtig sehr zerstreut, einzeln bis zahlreich, aber nie mehr bestandbildend auf frischem oder feuchtem, namentlich kalkhaltigem Boden in Wäldern vorkommt und durch ihre Fähigkeit, Schatten und engen Bestandesschluss zu ertragen, alle europäischen Nadelhölzer weit übertrifft. Gegen Freistellung ist sie namentlich in der Jugend sehr empfindlich und so bei ihrer Langsamwüchsigkeit eine im Kulturwalde, namentlich bei Kahlschlagbetrieb, leider meist auf dem Aussterbeetat stehende Holzart.

B. Die Laubhölzer.

1. Kätzchenträger.

§ 61. Ein- oder (Weiden und Pappeln) zweihäusige Bäume mit eingeschlechtigen Blüten, die zu Kätzchen vereinigt sind. Unter Kätzchen versteht man Aehren oder ährenförmige Blütenstände, welche, falls nur männliche Blüten vorhanden sind, nach dem Verblühen als Ganzes abfallen und an einer fleischigen, meist schlaff hängenden Achse dicht gedrängt unscheinbare Blüten oder dichasiale Blütenknäuel tragen. Samen ohne Nährgewebe. Mit Ausnahme der Weiden sind alle hierher gehörigen Bäume Windblütler.

A. Nussfrüchtige Kätzchenträger.

Buchenartige Laubhölzer (Familie Fagaceae.) Die Blüten besitzen ein aus meist 5 oder 6 unscheinbaren, am Grunde verwachsenen Blättern gebildetes Perigon. Der Fruchtknoten ist 3fächerig (bei Castanea 6fächerig) mit je zwei Samenknospen, von denen sich aber nur ein Fach und eine Samenknospe zur 1samigen Schliessfrucht weiter entwickelt. Die Früchte sind einzeln oder zu mehreren von einer schon zur Blütezeit vorhandenen, mit Niederblättern besetzten Achsenwucherung, der Cupula, eingeschlossen oder am Grunde umgeben.

Die Blütenstände stehen in der Achsel diesjähriger Blätter, und das Aufblühen erfolgt während oder nach der Entfaltung der Blätter. Die wechselständigen Blätter besitzen hinfällige Nebenblätter. — Die Befruchtung der Samenknospen findet immer erst geraume Zeit nach dem Ausstäuben des Pollens statt; bei den Eichen sind zur Blütezeit die Fruchtknoten noch ungefächert und die Samenknospen noch nicht angelegt.

§ 62. **Fagus silvatica Linné, Rotbuche** (franz. Hêtre), ist bei uns die einzige Vertreterin ihrer ca. 10 Arten umfassenden Gattung und der verbreitetste bestandbildende Laubholzbaum. Winterknospen zimmetbraun, spindelförmig, spitz, seitlich weit abstehend, 1—3 cm lang, mit zahlreichen, an der Spitze weissfilzigen Knospenschuppen. Nicht selten fehlt die Gipfelknospe und nimmt dann die oberste Seitenknospe ihre Stelle ein. Blätter 2zeilig, auf der Zweigunterseite einander etwas genähert, Knospen auf der Blattoberseite genähert, etwas aus der Blattachsel herausgerückt. Die Jahrestriebe sind gegen einander abgegrenzt durch die dicht stehenden Ringwülste der Knospenschuppennarben, zwischen denen winzige „Kleinknospen" vorhanden sein können. Blätter in der Knospe längs des Mittelnervs zusammengelegt, zwischen den Seitennerven gefaltet, am Rande, auf den Nerven und am Stiele dicht seidenhaarig; entfaltet spitz eiförmig oder am Grunde keilig, 4—10 cm lang mit $^1/_2$—$1^1/_2$ cm langem Stiel, am Rande wellig oder schwach gezahnt und gewimpert, oberseits dunkelgrün glänzend, unterseits heller grün, alt nur noch in den Nervenwinkeln und an der Mittelrippe flaumig. Seitennerven 5—9. Nebenblätter schmal zungenförmig, knickfaltig, dünnhäutig, 2—3 cm lang, rotbraun oder rötlich. Männliche Kätzchen langgestielte (—5 cm), hängende, vielblütige, kugelige, dichasiale Knäuel an der Basis der Zweige in den untersten Blattachseln und zwischen den obersten Knospenschuppen; an schwächeren Trieben in der Regel nur männliche Kätzchen; männliche Blüte mit glockenförmigem, kelchähnlichem, 4—7spaltigem, gelblich-rötlichem, weisszottigem Perigon und 8—12 lang gestielten Staubfäden mit gelben Staubbeuteln. Weibliche Kätzchen kurzgestielte, in den oberen Blattachseln kräftiger Langtriebe straff aufrecht stehende, 2blütige Dichasien, deren in der Regel fehlende Mittelblüte ausnahmsweise als 3. Blüte zur Entwickelung kommt; weibliche Blüten mit 6teiligen, mit dem 3kantigen Fruchtknoten grösstenteils verwachsenem Perigon, zu zweien in die vierteilige, weichstachelige, seidig-zottige Cupula bis auf die vorragenden, gekrümmten, rötlichen oder gelben Narbenarme jeder Blüte völlig eingeschlossen. Cupula zur Reifezeit verholzt, gelbbraun, mit pfriemenförmigen, umgebogenen Weichstacheln (Niederblättern) dicht besetzt, 4klappig aufspringend. Früchte (Buchecker, Bucheln) glänzend rotbraun, ca. $1^1/_2$ cm lang, spitzeiförmig, dreikantig, an der Spitze einen pinselförmigen Rest des Perigons tragend, mit lederiger Fruchtwand und gefalteten, ölreichen Cotyledonen. 1 Hektoliter Buchecker wiegt 40—50 Kilo; auf das Kilo gehen durchschnittlich 4000—4500.

Die Mannbarkeit tritt spät ein, bei freiem Stande mit dem 40.—50., im Bestandesschlusse selten vor dem 60., oft erst mit dem 80. Jahre. Samenjahre (Vollmasten) in der Ebene und im Hügelland häufiger als im Gebirg, unter günstigeren Verhältnissen alle 5—8, unter ungünstigeren alle 9—12 Jahre; dazwischen namentlich im Gebirge, fast nie in der Ebene, ca. alle 3—4 Jahre reichliche Samenerzeugung einzelner Bäume (Sprengmasten); Blütezeit fast gleichzeitig mit dem Laubausbruch, je nach Klima und Lage Ende April bis Ende Mai; Samenreife im September oder Oktober; Keimfähigkeit 70—80%, doch sind auch 50—60% noch als gut zu bezeichnen; Dauer der Keimkraft kurz, ca. $^1/_2$ Jahr. Auf-

laufen der im Herbst gesäten oder ausgefallenen Bucheln im April oder Mai des nächsten Frühjahres, nach Frühjahrssaat in 5—6 Wochen, mitunter erst im nächsten Frühjahre. Bei der Keimung hebt das kräftige hypocotyle Glied die noch im Samen eingeschlossenen Cotyledonen bis 6 cm in die Höhe, worauf diese sich zu sehr grossen, halbkreisförmigen, bis 4 cm breiten, oben glänzend dunkelgrünen, unten weissen, dickfleischigen Blättern entwickeln, die im Juli abfallen. Nach Entfaltung zweier normaler, gegenständiger Blätter schliesst der erstjährige Trieb sein Wachstum mit einer endständigen Winterknospe ab. Der Wuchs ist in den ersten 4—5 Jahren besonders bei Ueberschirmung sehr langsam, ca. 8—11 cm pro Jahr, im 2. Jahre verlängert sich lediglich die Hauptachse und bildet meist 5—7 wechselständige Blätter. Vom 5. Jahre an steigert sich der Höhenwuchs und der Baum erreicht im Durchschnitt im 10. Jahre $^3/_4$ m, im 20. 3 m, im 30. 6 m, im 40. 10 m, im 50. 14 m, im 60. 17 m, im 70. 19 m, im 80. 21 m, im 100. 23 m und im 120. 25 m (unter günstigsten Verhältnissen bis 32 m, ausnahmsweise bis 39 m) in diesem Alter. Das Maximum ihres Höhenwuchses mit ca. 60 cm jährlich liegt je nach Standortsgüte zwischen dem 30. und 55. Jahre. Mit 100 Jahren ist der Höhenwuchs meist schon unmerklich. Der Stärkezuwachs nimmt meist vom 60. Jahre an sehr ab. Nur ausnahmsweise erreicht die Buche unter günstigsten Verhältnissen ein Alter von 300 Jahren bei einer Höhe von 35 m und 80 cm bis 1 m Durchmesser. Grössere Stärken, bis zu 2 m kommen fast nur bei isoliert aufgewachsenen viel niedriger bleibenden Bäumen wie Weidbuchen und dergl. vor. Gewöhnlich wird die Buche gegen das 160., auf armem Boden oft schon vom 120. Lebensjahre an wipfeldürr und kernfaul.

Die Verzweigung ist sehr dicht, das Mark der Zweige im Querschnitt dreieckig. Die zahlreichen Langtriebe hängen an der Spitze über, so lange sie weich sind, später stehen sie straff aufrecht, von Knospe zu Knospe knickig hin- und hergebogen. Aus den unteren Seitenknospen der Langtriebe entstehen bei älteren Bäumen zahlreiche wenig beblätterte Kurztriebe, deren Oberfläche durch die einander genäherten Blatt- und Knospenschuppennarben höckerig und quergeringelt erscheint. Der gleichmässig gerundete, nie spannrückige Stamm hält bei dichtem Schluss meist bis zum Wipfel aus und reinigt sich 15—18 m und höher von Aesten. Die sehr reichästige Krone, beim freiständig erwachsenen Baume breit und tief herabreichend, im Bestandesschluss schmäler und hoch angesetzt, von schief aufstrebenden Aesten getragen, ist in der Jugend kegelförmig, später besenförmig, im höheren Alter domartig abgewölbt und durch die starke Verzweigung und die selbst im Innern alter Bäume dichte Belaubung, sowie durch die schirmartige Anordnung der 2zeilig beblätterten Zweigsysteme ausserordentlich dicht schattend. Die Ausschlagfähigkeit ist nicht bedeutend. Der Stockausschlag erfolgt der Hauptsache nach aus Adventivknospen des Ueberwallungswulstes. —

Die Bewurzelung besteht bei der jungen Pflanze aus einer kräftigen, wenig verzweigten Pfahlwurzel, die aber schon nach 4—5 Jahren zu wachsen aufhört, und deren oberer Teil zu einem knorrigen Wurzelstock wird, auf dem kräftige, seitlich weit streichende Seitenwurzeln entspringen, die meist nur wenig in die Tiefe dringen, auf zerklüftetem Felsboden sich abplattend oft tief in die Spalten des Gesteins eindringen und die Steintrümmer fest umschlingen, auf flachgründigem Boden aber oft auf weite Strecken ganz oberflächlich verlaufen und nicht selten mit einander verwachsen.

Die stets verhältnismässig sehr dünne Rinde ist an jüngeren Stämmen und Zweigen dunkel olivgrün bis graubraun, glänzend und glatt, an älteren weissgrau gefleckt, an alten perlmutterglänzend silbergrau, indem sich etwa vom 10. Jahre an im

abgestorbenen Periderm Krustenflechten (Graphis scripta, Opegrapha varia, Verrucaria biformis und die nur hier vorkommenden Opegrapha venosa und Parmelia speciosa u. a.) entwickeln, zuerst helle Flecke bilden, die später mehr und mehr zusammenfliessen und an alten Bäumen ihre schwarzen, oft ähnlich wie Schriftzeichen angeordneten Fruchtkörper zu Tage treten lassen. Die an Steinzellnestern ausserordentlich reiche, bastfaserfreie Rinde bleibt gewöhnlich zeitlebens geschlossen; nur ausnahmsweise bildet sie im Schluss (Steinbuche) im unteren Teile des Stammes eine längs- und querrissige schwache Borke, während bei sehr alten, exponiert stehenden Weidbuchen eine solche Borkebildung häufig ist. Vom Holzkörper losgelöste Rindenstücke zeigen auf der Innenfläche Markstrahlleisten, scharfe rippenartige, aus Steinzellen aufgebaute Vorsprünge, welche in die breiten Markstrahlen des Holzkörpers etwas eindringen. Als Rindenknollen bezeichnet man erbsen- bis wallnussgrosse holzige Kugeln, welche in der Rinde steckend mehr oder weniger nach aussen vorstehen, einer abnormen Entwickelung schlafender Augen ihre Entstehung verdanken und bis 50 Jahre alt werden können.

Das zerstreutporige Holz ist rötlichweiss, ohne gefärbten Kern — der rotbraune „falsche“ Kern ist eine Krankheitserscheinung! — hart, schwer (0,63—0,83), leicht spaltbar, wenig elastisch, gedämpft leicht zu biegen, bei wechselnder Nässe und Trockenheit von sehr geringer Dauer, unter Wasser aber sehr dauerhaft, von ganz vorzüglicher Brennkraft. Die breiten, sehr scharf begrenzten Markstrahlen, zwischen denen sich die Jahrringgrenze etwas ausbaucht, nehmen etwa $^1/_{10}$ der Querschnittsfläche ein; sie bilden auf der radialen Spaltfläche atlasglänzende „Spiegel“, auf der Oberfläche des Holzkörpers oder auf der tangentialen Spaltfläche zahlreiche, sehr charakteristische kurze spindelförmige Streifen. Zwischen den breiten verlaufen zahlreiche feine Markstrahlen. Bei anatomischer Betrachtung zeigen sich die schmalen Markstrahlen im Querschnitt aus einer oder wenigen parenchymatischen Zellreihen, die breiten aus 20 und mehr Reihen in radialer Richtung gestreckten Fasern aufgebaut. Die weiten Gefässe sind an den Enden meist ringförmig, die engeren meist leiterförmig durchbrochen. Die Hauptmasse des Holzes bilden sehr dickwandige, langgestreckte, beiderseits scharf zugespitzte Holzfasern; Holzparenchym (gekammerte Fasern) und Tracheiden sind nur in mässiger Menge entwickelt.

Die geographische Verbreitung der Buche erstreckt sich mit sehr ungleichmässiger Verteilung über fast ganz Europa; im Süden geht sie als Gebirgsbaum bis nach Sizilien, fehlt aber im südlichen Griechenland und Spanien; im Norden bis zum nördlichen Schottland, dem südlichen Skandinavien und Ostpreussen bis Königsberg. Die Ostgrenze verläuft von Königsberg nach der Krim, den Kaukasusländern und Nordpersien. Das inselartige Vorkommen der Buchenwälder ist daraus zu erklären, dass sie mit Ausnahme des Hagenauer Forsts im mittleren Rheinthal und dem baltischen Bezirk von Schleswig-Holstein bis Ostpreussen überall von Hause aus Gebirgsbaum ist, nach Grisebach von allen Waldbäumen „der vollkommenste Ausdruck für den Einfluss des Seeklimas in Europa“. Durch Anbau ist die Buche sowohl innerhalb ihres natürlichen Bezirks, wie über dessen Polargrenze hinaus verbreitet worden. In Skandinavien und England steigt die Buche bis 190 m, im Harz bis 650 m, im Thüringerwald bis 800 m, im Erz- und Riesengebirge bis 950 m, in den süddeutschen Gebirgen, den Karpathen und Zentralalpen bis 1100 und 1200 m, in den Ostalpen bis 1300 m (vereinzelt 1460 m), im Schweizer Jura meist nur bis 900 m (während sie als Krüppelform hier wie in den Alpen viel höher geht), in den südlichen Alpen bis 1700 m, im Apennin über 1900 m, am Aetna bis 2100 m. Nach den Standortsansprüchen gehört die Buche zu den anspruchsvollsten Holzarten; sie verlangt zu gutem

Gedeihen einen mineralkräftigen und humusreichen Boden, der stets mässig durchfeuchtet und etwas locker ist. Die geognostische Herkunft des Bodens ist von untergeordneter Bedeutung, vorausgesetzt, dass derselbe das grosse Kali-, Kalk-, Phosphorsäure- und Magnesiabedürfnis der Buche zu decken vermag. Anhaltende Bodennässe wie Trockenheit sagen ihr nicht zu, weshalb sie puren Torf-, Heide- und Sandboden meidet, aber auch den fruchtbaren Aueboden, strengen Ton- und reinen Kalkboden. Die Ansprüche an die Luftfeuchtigkeit sind mittlere, jedenfalls geringer als bei der Fichte, das Schattenerträgnis von allen heimischen Laubholzarten am grössten, unter den Nadelhölzern nur von Tanne und Eibe übertroffen. Die ausgesprochene Schattenholzart verrät die dichte Belaubung, der grosse Stammreichtum der Bestände, die unübertroffene Fähigkeit des Baumes, dichten Bestandesschluss herzustellen und das Gedeihen des jungen Nachwuchses unter dem Kronendach der alten Bäume. Die jungen Triebe erfrieren leicht durch Spätfröste, weshalb die Buche Frostlagen meidet. Im allgemeinen verlangt die Buche eine Vegetationszeit von wenigstens 5 Monaten. Mit ihrem dichten Kronenschluss und reichlichen Laubabfall gehört die Buche zu den bodenbessernden Holzarten. Die Blätter, die sich vor dem Laubfall leuchtend braungelb färben, bleiben nach dem Vertrocknen an Heckenpflanzen, Stockausschlag u. dergl. wie bei der Eiche häufig den Winter über haften.

Die Variationsfähigkeit der Buche ist gering. Nach Blattfarbe, Blattbau und Wuchs unterscheidet man folgende Spielarten:

a) purpurea Aiton, die Blutbuche, mit grünroten bis schwarzroten Blättern, in Deutschland wild nur in einem alten Exemplar bei Sondershausen, beliebter Zierbaum;

b) incisa Willdenow, mit eingeschnitten gezähnten, lang zugespitzten Blättern, nur bei Ettlingen in Baden, wie die als asplenifolia, heterophylla, laciniata, cristatata etc. bezeichneten, nur in Gärten vorkommenden Formen mit zerschlitztem Laube auch kultiviert. Auch die sehr dekorative Hängebuche (pendula) und die Pyramidenbuche (pyramidata) sind nur als Gartenformen bekannt, die sich bloss durch Pfropfung vermehren lassen;

c) von der Spielart variegata mit weiss oder gelb geflecktem Laub wurde ein Exemplar, „Hartig's Buche“, „foliis striatis“ mit goldgelb gestreiftem Laub in Hessen wildwachsend gefunden;

d) tortuosa Hortorum, die Schlangenbuche, mit schlangenförmig hin und her gebogenen Stämmen, Aesten und Zweigen, auf dem Jurazug Süntel bei Hannover einen ganzen Bestand bildend;

e) retroflexa Mathieu, die Kollerbuche, häufiger vorkommend, mit breitgedrückter Krone, geringem Höhenwuchs und sehr abholzigem Stamm, die nach Willkomm „eine wahre Kalamität werden kann“ und „vielleicht eine durch parasitische Pilze bedingte Form sein dürfte“, ist ihrer Natur nach noch aufzuklären.

Als Standortsformen sind von der langschäftigen Gebirgsbuche zu unterscheiden: die Insel- oder Küstenbuche, die auf den Inseln und in den Küstenländern der Ostsee allein vorkommt und auch im Schlusse eine tief angesetzte, umfangreiche Krone und einen kürzeren aber stärkeren Stamm bildet. Einen ähnlichen Wuchs zeigen die malerischen alten Weidbuchen des südlichen Schwarzwalds und der rauhen Alb. Als klimatische und sonstige Reduktionsformen sind zu nennen die knieholzartige Strauchbuche in rauher Gebirgslage Kroatiens, die derselben oft ähnliche, übrigens sehr variable Verbissbuche hochgelegener Weidefelder, und die windgepeitschte Buche (Fahnenwuchs), wie sie z. B. an den Randbeständen in Schleswig-Holstein, aber auch in hohen Gebirgslagen, wie am Elsässer Belchen und auf dem Schauinsland im Schwarzwald vorkommt.

Die Eichen (Quercus.)

§ 63. Blüten einzeln an der Kätzchenachse, Aehren bildend; männliche Kätzchen reichblütig, schlaff hängend, den obersten, später zu Lang- oder Kurztrieben auswachsenden Seitenknospen vorjähriger Triebe entspringend, und zwar aus mehreren der obersten Knospenschuppen dieser Knospen, daher unterhalb der diesjährigen jungen Gipfelsprosse meist gebüschelt; die weiblichen Kätzchen armblütig, in der Achsel von Laubblättern diesjähriger Gipfeltriebe. Blütezeit gleich nach dem Laubausbruch. Die Keimblätter bleiben bei der Keimung, von der Fruchtschale umschlossen, unter der Erde. Die Zweige besitzen stets eine grössere Endknospe und spiralig ($^2/_5$) gestellte, gegen die Spitze des Triebs gehäufte, kurzgestielte, selten ganzrandige Blätter. Gegen 200 Arten.

1. Quercus pedunculata Ehrhart. Stieleiche, Sommereiche, Früheiche, Heideeiche etc. (franz. Chêne mâle), unser stolzester Waldbaum. Knospen typisch dick, kantig eiförmig, ziemlich stumpf, mit zahlreichen Knospenschuppen, die zum grössten Teil spreitelose Nebenblattpaare sind; seitliche gerade über der dreieckigen, 3 Gruppen von Gefässbündeln tragenden Blattnarbe abstehend, oberste unter der Endknospe quirlig. Junge Triebe oft rot überlaufen, die im Juni erscheinenden Johannistriebe nebst den Blättern anfänglich oft purpurrot. Blätter von schmalen, hinfälligen, pfriemlichen Nebenblättchen begleitet (die den Stiel an Länge etwas übertreffen), an der Spitze der Triebe oft büschelig gehäuft, sehr kurzgestielt (bis 1 cm), durch die ungleich zweilappige (herzförmige), wellig gekrauste Basis und die mehr oder weniger unsymmetrische Form in erster Linie charakterisiert, im übrigen sehr variabel, im allgemeinen verkehrt-eiförmig, 7—12 cm lang, beiderseits mit 4—5 abgerundeten, vorwiegend ganzrandigen Lappen, oberseits matt dunkelgrün, unterseits matt hellgrün mit 5—9 vortretenden blassgefärbten Seitenrippenpaaren, beiderseits (bis auf spärliche, mikroskopische Härchen der Unterseite) kahl, jung flaumig. Männliche Kätzchen bis 4 cm lang, teils gebüschelt aus den Seitenknospen vorjähriger Triebe, teils einzeln in den unteren Blattachseln diesjähriger Triebe; männliche Blüten mit gelbgrünem, häutigem, in 4—7 bewimperte Zipfel zerschlitztem Perigon und 4—12 gelben Staubfäden. Weibliche Kätzchen aufrecht, mit Stielen von wechselnder Länge in den oberen Blattachseln diesjähriger Triebe, mit 2—5 kleinen, knopfförmigen, bis auf die 3 kurzen, abgerundeten rötlichen Narben in der rötlichen Cupula eingeschlossenen weiblichen Blüten. Früchte an einem Stiel (daher der Name Stieleiche) von 1—16 (meist 3—8) cm Länge, meist 1—3, oft 2 gegenständig, selten mehr (bis 5). Eicheln gross, meist länglich eiförmig, anfangs grün, reif, mit Ausnahme des bereiften Scheitels, glänzend und glatt, hellbraun bis scherbengelb, mit weisslicher Grundfläche und grünlich braunen Längsstreifen, die beim Trockenwerden verschwinden, aber nach dem Anfeuchten meist wieder hervortreten. Samenschale derb lederig, Cotyledonen gross, stärkereich. Cupula napfförmig, mit glattem Rand und sehr zahlreichen, dicht dachziegelig angedrückten, graubräunlichen, filzigen, dickspitzigen Schuppen. Ein Hektoliter wiegt je nach Standort und Jahr 65—75 (90) Kilo und 1 Kilo enthält 177—325, im Mittel 250 bis 300 Eicheln. Die Mannbarkeit tritt bei Stocklohden frühzeitig, oft schon um das 20. Jahr, bei Samenpflanzen im Freistande nicht leicht vor dem 40., meist erst mit dem 50—60., im Schlusse kaum vor dem 80. Jahre ein. Reichliche Samenjahre folgen dann je nach Lage und Standort alle 3—7 Jahre. Blütezeit im Süden Mitte April bis Mitte Mai, im Norden Mitte Mai bis Anfang Juni. Erst Mitte oder Ende Juli tritt die Eichel aus dem Näpfchen heraus, ist Ende September oder Anfang Okto-

ber reif und fällt dann bald aus dem Näpfchen aus. Die Keimfähigkeit frischer Eicheln beträgt 60—70%, die Keimdauer nur 1/2 Jahr. Die Keimung erfolgt bei Frühjahrssaat nach 4—6 Wochen und beginnt mit der Ausbildung einer kräftigen rübenförmigen Pfahlwurzel, die im 1. Jahre oft 20—30 cm lang wird, während der oberirdische Trieb, anfangs mit sehr unvollkommenen Blättern besetzt, im 1. Jahr gewöhnlich nur 8—10 cm, und nur unter besonders günstigen Verhältnissen das doppelte und selbst dreifache dieser Länge erreicht. Im 2. Jahre entstehen in der Regel erst die typisch geformten Blätter und die Pflanze verzweigt sich stark und wird buschig. Höhenwuchs in der Jugend rasch, im Schlusse lange anhaltend, im Durchschnitt 1/3—1/2 m, im allgemeinen mit 120—200 Jahren beendet. Die Eiche bildet so bei einer 5 Jahrhunderte und mehr umfassenden Lebensdauer 30 - 35, ausnahmsweise auch 40 m lange und 2 m und darüber starke Stämme bei einer Gesamthöhe bis zu 50 m. Im Freistand entstehen kürzere, aber um so dickere Schäfte mit mächtig entwickelter, schon wenige Meter über dem Boden ansetzender Krone. Das Dickenwachstum hält an, so lange der Baum lebt; die Lebensdauer kann in einzelnen Fällen vielleicht bis 2000 Jahre betragen (Chêne de Montravail, bei Saintes im französischen Département Charente inférieure in Mannshöhe mit 6—7 m Durchmesser, bei einer Höhe von 20 m), 500jährige Stieleichen sind in Deutschland keine Seltenheit, dagegen scheint hier keine 1000jährige mehr zu existieren, wenngleich das Alter vieler Eichen eine lokalpatriotische Abrundung auf diese Zahl zu erfahren pflegt. Die Verzweigung ist durch die starken, knickigen und knorrigen, weit ausgreifenden, locker gestellten Aeste sehr charakteristisch und unregelmässig. Im vorgerückten Alter entwickelt die Krone zahlreiche Kurztriebe. Im Herbste springen nicht selten ein- bis mehrjährige Triebe mit voller grüner Belaubung ab („Absprünge"). Das Ausschlagvermögen aus schlafenden Augen ist ungewöhnlich gross und anhaltend. Das Mark der Zweige bildet im Querschnitt stets einen fünfstrahligen Stern.

Die ausserordentlich sturmfeste Bewurzelung besteht in lockerem Boden bis zum 6. oder 8. Jahre fast nur aus einer mächtigen Pfahlwurzel, die bis über 2 m in die Tiefe dringt und nur wenige dünne Seitenwurzeln entwickelt. Später, etwa vom 30. Jahre ab, überwiegen die teils weit streichenden, teils schief in die Tiefe dringenden starken Seitenwurzeln, deren weitere Entwickelung den oft gewaltigen „Wurzelanlauf" alter Eichen bildet. In flachgründigem Boden oder bei hochstehendem stagnierendem Grundwasser verkümmert die Pfahlwurzel bald.

Die Rinde, an jungen Zweigen grün bis rotbraun, bildet an jüngeren Stämmen und Aesten ein von zahlreichen, braunen Lenticellen durchsetztes, grünlich- bis weisslichgraues, perlmutterglänzendes Periderm (Spiegelrinde), reisst zwischen dem 12. und 25. Jahre, auf schlechtem Standort auch früher, unregelmässig längsrissig auf und bildet eine besonders im Freistand tiefrissige, graubraune, bleibende Borke. Die Rinde kann bei alten Bäumen bis 10 cm Dicke erreichen und ist ausserordentlich reich an dickwandigen Bastfasersträngen und besonders an sehr grosszelligen Steinzellnestern. Je gerbstoffreicher die Rinde, desto später pflegt sie aufzureissen.

Das ringporige Holz hat einen schmalen gelblichweissen Splint und einen meist gelblichbraunen Kern; als Nutzholz ersten Ranges vereinigt es so viele treffliche Eigenschaften, wie kein anderes einheimisches Holz, ist ausserordentlich dicht und schwer (0,54—1,05), bei einer Jahrringbreite bis zu 6 oder 7 mm, um so dichter, je breiter die Jahresringe (wie die ringporigen Hölzer überhaupt), ausserordentlich fest und von allergrösster Dauer, unter Wasser unzerstörbar, hart, grobfaserig, elastisch, gut spaltbar, in mittlerem Grade zähbiegsam und von guter, aber etwas geringerer Brennkraft als das Buchenholz. Anatomisch zeichnet sich das

Holz durch sehr reichliche Entwickelung sehr dickwandiger Holzfasern mit spärlichen kleinbehöften Spalttüpfeln, besonders im Spätholz der Jahresringe aus, während das Frühlingsholz auffallend weite, schon mit blossem Auge erkennbare Gefässe besitzt. Von dem Porenkreis des Frühlingsholzes verlaufen radial nach aussen im Jahrring zwischen den Holzfasersträngen feine, vielfach gegabelte Züge von engen Gefässen, Tracheiden und Parenchym. Ausserdem treten bei breiten Ringen noch zahlreiche feine konzentrische Wellenlinien von Holzparenchym hervor. Einzelne Markstrahlen sind sehr breit und zuweilen einige Centimeter hoch, auf der radialen Spaltfläche auffallend glänzende Spiegel bildend, während die überwiegende Mehrzahl der Markstrahlen sehr fein und mit blossem Auge nicht erkennbar ist.‹ — Von dem ähnlichen Holz der Edelkastanie unterscheidet sich das Eichenholz sofort durch die dort fehlenden breiten Markstrahlen.

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Stieleiche umfasst fast ganz Europa bis zum 63° in Norwegen, weiter östlich nur bis 57½°, ferner die Kaukasusländer und Kleinasien. Das Maximum ihrer Verbreitung erreicht sie in den unteren Donauländern (südliches Ungarn, Slavonien, Kroatien und Siebenbürgen), in Deutschland, wo sie ihre besten früheren Standorte der Landwirtschaft überlassen musste, besonders im Südwesten und in der Provinz Preussen. Als Waldbaum der Ebenen, der Flusstäler und des Hügellandes steigt sie im Süden und Südwesten nirgends so hoch wie die Buche: in Albanien bis 1500 m, in den Pyrenäen bis 1400 m, in Tirol bis 1000 m, in den Centralalpen bis 900 m, in den nördlichen Kalkalpen bis 800 m, im Schwarzwald bis 600 m, im mitteldeutschen Bergland bis 500 und 450 m.

Die Standortsansprüche der Stieleiche sind verhältnismässig hohe. Sie verlangt zu gutem Gedeihen ähnlich wie die Buche einen mineralkräftigen Boden von, namentlich in höheren Lagen, grösserem Humusgehalt, reichlicher Frische und verhältnismässig beträchtlicher Tiefgründigkeit, wie ihn besonders Flussniederungen, Aueböden und dergl. bieten. Bei genügend zerklüftetem Untergrund gedeiht sie auch auf flachgründigem Boden Bei Niederwaldbetrieb begnügt sie sich mit erheblich geringeren Böden. An die Luftfeuchtigkeit stellt sie keine grossen und keine bestimmten Anforderungen, dagegen bedarf sie viel Luftwärme. Als ausgesprochene Lichtholzart verlangt sie von Jugend an vollen Lichtgenuss, reinigt sich im Schlusse früh von den unteren Aesten, besitzt geringe Fähigkeit, vollen Bestandesschluss auf die Dauer herzustellen und bildet Bestände von viel räumlicherer Stellung als die Buche. Je geringer übrigens der Standort, desto stärker äussert sich das Lichtbedürfnis der Eiche und umgekehrt. Die Rückwirkung auf den Standort ist im allgemeinen eine ungünstige. Gegen Spätfröste ist die Stieleiche sehr empfindlich, und zwar mehr als die Traubeneiche.

Die Variationsfähigkeit ist bei der Stieleiche bezüglich der Form und Grösse der Blätter und der Gestaltung der Früchte so gross wie bei keinem anderen europäischen Laubholz. Die Blätter variieren ausserordentlich nach Grösse -- am grössten (bis 30 cm), wie bei den meisten Laubhölzern, sind die Blätter bei jungen Stockausschlägen — nach Zerteilung, von ganz seicht gelappten oder ausgeschweift buchtigen bis zu fast fiederschnittigen, mit ganzrandigen, abgerundeten bis zu wellig gezähnten und fiederspaltigen und spitzzipfligen Lappen. Selbst am gleichen Baum variiert die Blattgestalt nach Stellung in der Krone und nach Jahrgang. Magerer Boden bedingt kleine, tiefer geteilte, feuchter und fruchtbarer grosse und wenig gelappte Blätter. Das Näpfchen (die Cupula) kann flach, fast tellerförmig, halbkugelig, halbeiförmig oder kreiselförmig sein, und die Eichel entweder nur im unteren Viertel oder weiter, bis über die Hälfte, umhüllen. Die Eichel selbst kann 1½ bis

5 cm lang, 1 bis über 2 cm dick, eiförmig, walzig, spindelförmig oder kugelig sein.

Als konstante, wild in Mitteleuropa gefundene Varietäten der Stieleiche sind nach Willkomm anzusehen:

a) fastigiata De Candolle (= pyramidalis Hortorum). Pyramideneiche, mit aufrechten Aesten und schmal kegelförmiger, pyramiden-pappelähnlicher Krone. Wild ein Baum in Hessen bei Babenhausen, ausserdem mehrfach in Frankreich und Spanien gefunden;

b) opaca Schur. Blätter dunkelgrün, glanzlos mit purpurroten Blattnerven, in Wäldern um Hermannstadt in Siebenbürgen;

c) pilosa Schur. Blätter auch im Alter unterseits spärlich weisshaarig, blütentragender Stiel dicht behaart, zerstreut in Siebenbürgen;

d) purpurascens De Candolle (= purpurea Hortorum). Purpureiche, Bluteiche. Blätter dunkel purpurrot. Ein Baum im Lauchaer Holz des Herzogtums Gotha;

e) viminalis Schur (= pendula Hortorum). Hängeeiche mit langen, dünn herabhängenden Aesten, bei Hermannstadt;

f) apennina De Candolle. Junge Zweige grauweiss-filzig. Blätter unterseits lange blass-filzig, erst zuletzt kahl. Auf trockenem Boden im Kastellwald bei Kolmar, in den Apenninen, Süd- und Mittelfrankreich.

§ 64. 2. Quercus sessiliflora Smith. Die Traubeneiche, Steineiche, Späteiche, Wintereiche ist der vorstehenden sehr ähnlich und wird im praktischen Leben vielfach mit ihr verwechselt. (Linné fasste die beiden Eichen unter dem Namen Q. robur zusammen und bezeichnete die Stieleiche als Q. r. α, die Steineiche als Q. r. β). An Variationsfähigkeit der Blätter und Früchte steht sie der Stieleiche kaum nach, doch ist sie von ihr typisch durch die länger gestielten (1—4 cm) ebenen, oberseits glänzend dunkelgrünen Blätter mit keilförmiger Basis und die sitzenden (sehr kurzgestielten) weiblichen Blütenstände, bezw. die einzeln oder zu 3(—7), wie die Beeren einer Weintraube zu Knäueln zusammengedrängten, in den Blattachseln sitzenden Früchte verschieden. Nach Th. Hartig ist die Traubeneiche, deren Narben flach und lappig erweitert auf dem Fruchtknoten sitzen, auch durch die Eicheln zu unterscheiden, die namentlich bei unvollkommener Ausbildung den charakteristischen Narbenbau gut erkennen lassen, unter fruchtbaren Bäumen jederzeit in hinreichender Menge zu finden sind und so, wenn die andern sicheren Kennzeichen mangeln, einen guten Anhalt geben können. Im übrigen sind die Knospen schlanker und spitzer, die Blätter gegen das Ende der Triebe weniger gedrängt und infolge dessen die Belaubung gleichmässiger. Die Lappen der Blätter sind durchschnittlich zahlreicher (5—7), einander mehr genähert und regelmässiger. In der Jugend unterseits reichlich behaart, sind die ausgewachsenen Blätter nur noch unterseits auf den stärkeren Nerven meist noch etwas behaart. Die Eicheln, im allgemeinen etwas kleiner, lassen auch im frischen Zustande keine dunkeln Längsstreifen erkennen. Blütezeit und Laubausbruch fallen 10—14 Tage später als bei der Stieleiche. Der Wuchs der Krone ist regelmässiger, der Stamm geradwüchsiger, in der Krone meist nicht in gleichwertige Aeste aufgelöst, sondern annähernd bis zum Gipfel aushaltend. Der Höhenwuchs, der energischer und länger ausdauernd ist als bei der Stieleiche, pflegt mit 120—200 Jahren abgeschlossen zu sein, das Maximalalter dürfte ca. 600—700 Jahre, vielleicht auch noch mehr betragen, doch erreicht die Traubeneiche nie das Alter und die Stärke der Stieleiche und ihr Stärkezuwachs ist meist auch ein geringerer, immerhin ist Höhen- und Stärkewuchs etwas grösser als bei der Buche. Die Rinde ist (nach Ney) hellgrau, oft gelblich, im Alter dünn und, ähnlich der Apfelbaumrinde, schuppig

mit flachen Rissen. Das Holz ist dem der Stieleiche sehr ähnlich, etwas weniger hart und etwas weniger dauerhaft unter ungünstigen Verhältnissen, etwas leichter zu bearbeiten, auch meist etwas engringiger gebaut. Der natürliche Verbreitungsbezirk reicht etwas weniger weit nach Norden und Osten, wie derjenige der Stieleiche, in den Tiefländern fehlt die Traubeneiche spontan, steigt aber als Baum der Hochebenen, des Hügel- und Berglandes, gleichfalls Sommerhänge bevorzugend, im Gebirge im allgemeinen erheblich höher als die Stieleiche, aber nicht so hoch als die Buche. In den bayrischen Kalkalpen scheint sie gänzlich zu fehlen, im bayrischen Wald (ca. 700 m) und in der Schweiz bleibt sie etwas hinter der Stieleiche zurück. Das Maximum ihres Vorkommens in Mitteleuropa liegt im Südosten, wo sie im Bergland von Kärnthen, Ungarn, Siebenbürgen, Kroatien, teils für sich allein, teils mit Stiel- und Zerreiche grosse, herrliche Wälder bildet. In Deutschland finden sich bedeutende Traubeneichenbestände, namentlich in Mittelfranken (Spessart), in Baden und Elsass-Lothringen. Die Standorts- und Klimaansprüche der Traubeneiche sind etwas bescheidener als die der Stieleiche und ähnlich wie diejenigen der Rotbuche, doch nimmt sie weniger Kali und Phosphorsäure als diese aus dem Boden; sie gedeiht noch auf geringeren und verhältnismässig flachgründigen Böden, kann mit erheblich geringerer Bodenfrische auskommen, meidet aber nasse Auenböden und dergl., auf denen die Stieleiche freudig gedeiht. Ihre dichtere und regelmässigere Belaubung, die auch den Boden etwas besser schützt, der länger andauernde Bestandesschluss und die geringere Neigung ihrer Krone zu seitlicher Ausbreitung, ihre Fähigkeit, in der Jugend Seiten- und Schirmdruck etwas besser zu ertragen, deuten ein etwas geringeres Lichtbedürfnis als dasjenige der Stieleiche an.

Von den zahlreichen Formen der Traubeneiche ist die mispelblätterige Traubeneiche (Q. mespilifolia Wallroth), die im Harz, in Thüringen, in Skandinavien und wohl auch anderwärts mit schmalen, vorwiegend ungeteilten, langgestielten Blättern und rötlichen Zweigen, Knospen und Blattstielen vorkommt, die bemerkenswerteste.

Zwischen der typischen Stieleiche und der Traubeneiche, die auch bezüglich der Gestalt der Blattbasis und der Blattstiellänge variieren, kommen zweifellose Uebergangsstufen vor, die man vielfach als Bastarde beider betrachtet.

§ 65. 3. Quercus pubescens Willdenow, die flaumhaarige Eiche, in ganz Südeuropa und im Orient heimisch, im dalmatischen Küstenlande wie in Istrien die häufigste sommergrüne Eiche, in Südungarn, Slavonien und Kroatien teils in reinem Bestand, teils mit andern Holzarten gemischt, erheblichen Anteil an der Waldbildung nehmend, in der Südschweiz vom Jura bis zum Tessin und auch in Graubünden verbreitet, reicht, ohne forstliche Bedeutung, nördlich bis nach Böhmen und vereinzelt bis nach Thüringen (wenige Sträucher bei Jena) und dem Oberrhein. — Die meist etwas kleineren, langgestielten, meist tief geteilten, aber ebenfalls sehr vielgestaltigen Blätter sind unterseits bleibend weichhaarig, oberseits nach der Entfaltung ebenfalls grauflaumig, ausgewachsen nahezu kahl und glänzend dunkelgrün. Knospentriebe und Näpfchen ebenfalls mehr oder weniger flaumig bis filzig. Nach Stamm- und Kronenbildung gleicht sie vielfach der Traubeneiche, bleibt aber kleiner (bis 20 m), oft ein niedriger, knorriger Grossstrauch. Ihr Holz ist durch sehr dicht stehende, auffällige, breite Markstrahlen ausgezeichnet. Mit der Traubeneiche ist die sehr variable Art durch eine Anzahl Uebergangsformen oder Bastarde verbunden.

4. Quercus hungarica Hubeny, die ungarische Eiche ist ein Baum Südosteuropas, mit der südeuropäischen Quercus Farnetto Tenore nahe verwandt, möglicherweise identisch, erreicht im südlichen Ungarn, wo sie bis 600 m im Hügellande

ansteigt, meist im Gemenge mit Trauben- und Zerreiche, im südlichen Bosnien und Dalmatien ihre Nordgrenze. Knospen grösser, heller, am Ende der Triebe, wie die Blätter, auffallend büschelig gehäuft. Blätter kurzgestielt, gross (bis 20 cm), oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits weichfilzig, ebenfalls vielgestaltig, mit herzförmiger Basis, sehr verschieden tiefgelappt, in jeder Hälfte mit 7—11 parallelrandigen, in der Regel abgerundeten, ungeteilten oder selbst wieder gelappten Lappen, die mit den Rändern nicht selten stellenweise übereinandergreifen. Männliche Kätzchen bis 12 cm lang. Eicheln denen der Traubeneiche ähnlich, aber das Näpfchen mit filzig behaarten, stumpf pfriemlichen, den Rand überragenden Schuppen. Borke hellbräunlich, kleinschuppig. Das harte, sehr dichte, schwerspaltige Holz übertrifft nach Hempel und Wilhelm an Dauerhaftigkeit sogar das Stieleichenholz. Sie erreicht mit 100 Jahren eine durchschnittliche Höhe von 22—23 m.

5. Quercus cerris Linné, die Zerreiche, ist gleichfalls eine Holzart Südeuropas, die von Spanien bis Kleinasien verbreitet ist, ihre stattlichste Entwickelung als Baum des Berglandes in den Ländern der ungarischen Krone findet, meist in Gesellschaft der Traubeneiche, der weichhaarigen und ungarischen Eiche, seltener in reinen Beständen. Nördlich geht sie bis Mähren, in der Schweiz kommt sie nur auf dem Generoso vor, aber am Nordrande des Jura, im Département Doubs bildet sie noch einmal reine Bestände von grosser Ausdehnung. Sie ist von allen andern sommergrünen Eichen durch die langen, lineal-fädlichen, bleibenden Nebenblätter, welche über den kleinen Knospen schopfartig zusammenschliessen, sofort zu unterscheiden. Blätter sehr verschieden gestaltet, meist spitzlappig, oberseits dunkelgrün, rauh, fettglänzend, unterseits graugrün, mehr oder weniger filzig. Eicheln mit zweijähriger Fruchtreife, im ersten Jahre ganz klein, ausgewachsen bis 4 cm lang und 2 cm breit, sehr fein längs gestreift, Näpfchen durch die langen, abstehenden, meist zurückgekrümmten, linealpfriemlichen, steifen, braunfilzigen Niederblätter sehr auffällig. Borke grau, auffallend breit und tief längs gefurcht, mit sehr spärlichen Querrissen. Holz rötlich mit sehr zahlreichen, breiten Markstrahlen, die aber viel schmäler als bei pubescens sind, von sehr geringer Dauer, aber vorzüglicher, dem Buchenholz kaum nachstehender Brennkraft. Höhenwuchs bis zum 100. Jahre die Stiel- und Traubeneiche übertreffend, dann rasch erlahmend. Lebensdauer in der Regel nicht über 200 Jahre.

Von den immergrünen Eichen erreichen 4 sämtlich dem Mittelmeergebiet angehörige Arten in Istrien und Dalmatien ihre Nordgrenze.

6. Quercus Ilex Linné, die Immergrüneiche, auch Stecheiche genannt, geht nördlich bis Riva am Gardasee und bis nach Triest; bemerkenswerte Bestände bildet sie im Gebiet nur auf der dalmatinischen Insel Arbe, während sie als Strauch einen wesentlichen Anteil der immergrünen Buschformation Istriens und Dalmatiens nimmt. Blätter von durchschnittlich 2jähriger Lebensdauer, lederig, oben glänzend dunkelgrün, unten filzig, spitz eiförmig bis lanzettlich, 3—8 cm lang, mit ungeteiltem, gewelltem bis dornspitzig gezähntem Rande. Eicheln klein, im 1. Herbste reif, durch das vortretende Mittelstück beinahe gestielt. Näpfchen mit dicht anliegenden, filzigen, weichen Schuppen. — Die Immergrüneiche kann bis 20 m Höhe und 1 m Durchmesser erreichen, bleibt aber, durch Weidevieh verbissen, vielfach strauchförmig oder bildet nach wiederholter Verstümmelung behufs Kopfholzgewinnung breite abgewölbte Kronen auf kurzem Stamm. Aeltere Pflanzen zeigen kräftige Ausschläge aus dem starken Wurzelanlauf; ebenso ist das Stockausschlagvermögen bedeutend. Die Borke ist sehr kleinschuppig, das Holz nicht ringporig, sehr schwer (1,14), elastisch, fest und sehr dauerhaft, die Rinde sehr gerbstoffreich, so dass der Baum für die von

ihm bewohnten südösterreichischen Länder von hohem forstlichen Werte ist.

7. Quercus Suber Linné, die Korkeiche, mit 2jähriger Samenreife, der Immergrüneiche ähnlichen, 2½—5 cm langen, seitlich stets mit 4—7 kurzen dornigen Zähnen versehenen Blättern und dicker Korkrinde, findet sich in Oesterreich nur bei Pola in Istrien in einer bemerkenswerten Zahl älterer Bäume, die dort vom 20.—25. Jahre mit 10jährigen Ruhepausen auf Kork genutzt werden.

8. Quercus Pseudosuber Santi, die falsche Korkeiche mit durchschnittlich grösseren (5—7 cm), am Rande mit 6—9 scharf gespitzten breiten Sägezähnen versehenen Blättern mit 1jähriger Lebensdauer (bis zum Laubausbruch), und dünnerer, nicht zur Korkgewinnung geeigneter Korkrinde und die meist sperrig strauchförmig bleibende

9. Quercus coccifera Linné, die Kermeseiche, mit sehr steifen, immer dornspitzig gezähnten, an den Rändern oft wellig verbogenen kleinen Blättern von 2—3jähriger Lebensdauer kommen in Oesterreich, Pseudosuber vereinzelt in Istrien, coccifera stellenweise im südlichen Istrien und in Dalmatien vor.

§ 66. Von den amerikanischen Schwarzeichen, wegen der herbstlichen Rotfärbung ihres Laubes auch Scharlacheichen genannt, die wegen ihrer Frosthärte, Raschwüchsigkeit und prachtvollen Herbstfärbung seit langem Lieblinge der europäischen Baumzüchter geworden sind, ist nur Q. rubra zu forstlichen Anbauversuchen im grossen Massstabe herangezogen worden, während die beiden andern hier aufgeführten, von kleinen Anbauversuchen abgesehen, höchst dekorative Parkbäume sind. Diese Eichen zeichnen sich durch die stets in eine spitze Endborste auslaufenden Blattabschnitte aus und besitzen dunkle Borke, 2jährige Samenreife und grosse Eicheln mit dicker, innen filziger Schale und drei falschen Scheidewänden.

10. Quercus rubra Linné, die Roteiche, durch das ganze Laubholzgebiet des atlantischen Nordamerika verbreitet und dort hervorragend an der Zusammensetzung des Waldes beteiligt, geht weiter nach Norden als jede andere Eiche und reicht in den Alleghanies bis hart an die Tannenregion heran. Ihr Holz nimmt in der Heimat nach dem Optimum im Süden, sowie von schlechten nach reichen Böden an Schwere zu, ist aber stets geringwertiger als das der Weisseichen. In Europa wurde sie schon 1740 eingeführt und hat wie keine andere versuchsweise angebaute Holzart den Beweis für ihr Gedeihen und gutes waldbauliches Verhalten geliefert. Die Blätter sind nur bis zur Hälfte etwa, bei Schattenblättern oft nur bis ¼ eingeschnitten, beiderseits mit 4—6 (meist 5) breiten, fast parallelrandigen, grobgezähnten, spitzen Lappen, 8—12 (20) cm lang. Die Eicheln, bis 2½ cm lang, sind von gedrungener Gestalt, mit bespitztem Scheitel, abgeflachter Grundfläche und schüsselförmigem Näpfchen. 1 Hektoliter Eicheln wiegt durchschnittlich 60 Kilo, 1 Kilo enthält ca. 250 Stück. Das Holz vom Trockengewicht 0,74, mit schmalem Splint und rötlichbraunem Kern, steht dem Stiel- und Traubeneichenholz an Festigkeit und sehr an Dauerhaftigkeit nach, ist aber elastisch, leichtspaltig und ziemlich hart; die Rinde bleibt bis zum 40. Jahre glatt, ist sehr gerbstoffreich, aber dünn. Als entschiedene Lichtholzart verträgt die Roteiche wohl Beschattung von der Seite, aber keine Ueberschirmung und ist in der Jugend ausserordentlich raschwüchsig (als Jährling 0,5 m, mit 10 6 m und mehr, mit 20 10—12 m, mit 50 15 bis 23 m, worauf der Höhenwuchs rasch nachlässt (Maximum 30 m.) Die Pfahlwurzel der Jährlinge wird bis 40 cm lang, die weitere Entwickelung des Wurzelsystems gleicht der unserer Eichen. Hinsichtlich der Standortsansprüche etwas genügsamer als Stiel- und Traubeneiche, braucht sie zu freudigem Gedeihen doch einen

frischen, humosen, tiefgründigen, lehmigen Boden, während ihr strenge, nasse Böden, wie trockene Kalkböden, nicht zusagen. Gegen Winterkälte ebenso unempfindlich wie unsere Eichen, ist sie wegen des frühzeitigen Austreibens und der langen Dauer der Vegetation der Spät- und Frühfrostgefahr mehr ausgesetzt.

11. Quercus coccinea Wangenheim, die Scharlacheiche, in den östlichen Vereinigten Staaten wie die vorige durch Süden und Norden verbreitet, aber etwas mehr die feuchteren Standorte liebend, Höhe bis 30 m, ist von vorstehender Art leicht durch die tief (über $^2/_3$) gebuchteten Blätter zu unterscheiden, die 9—18 cm lang werden, beiderseits 3(—4), meist wieder buchtig begrannte Lappen tragen und deren Buchten breiter als die Lappen sind.

12. Quercus palustris Du Roi. Sumpfeiche, Nadeleiche, Spiesseiche, in der Jugend am schnellwüchsigsten von allen Eichen, wächst nach Mayr im atlantischen Amerika von Massachusetts bis Tenessee auf kräftigem Boden am Flussrande und den anliegenden Niederungen, aber nicht im Sumpfe. Von allen Verwandten ist sie durch den ausgesprochen geraden Schaft unterschieden, der sich wie bei einem Nadelholz bis in die Spitze verfolgen lässt, 30 m Höhe und mehr erreichend. Die Blätter, 8—10(—17) cm lang, sind die kleinsten von allen Roteichen, der vorstehenden in der Gestalt sehr ähnlich, doch stehen die 2(—4) gegenseitigen Lappen öfters als bei coccinea auf ungleicher Höhe.

§ 67. 1. Castanea sativa Miller. (Syn. vulgaris Lamarck, vesca Gärtner), die Edelkastanie, franz. Châtaignier, ist die einzige europäische Vertreterin ihrer ca. 30 Arten umfassenden Gattung, die durch Knospen, Blütenstände und Früchte von Buche und Eiche scharf unterschieden ist. Knospen klein, spitzeiförmig, mit nur 2(—3) Schuppen, abstehend; keine Endknospe, die oberste Seitenknospe bildet den nächsten Jahrestrieb. Blätter kurz gestielt, eilanzettlich, derb, spitz, 9—18 cm lang, am Rande grob gezähnt mit oft sichelförmig einwärts gebogenen spitzen Zähnen und mit je 15—20, gleich der gelblichen Mittelrippe unterseits vorspringenden Seitennerven 1. Ordnung. Blütenkätzchen gross, 12—20 cm lang, straff aufrecht, einzeln in den Blattachseln, meist rein männlich, d. h. mit 7blütigen dichasialen Knäueln gelblichweisser männlicher Blüten dicht besetzt; nur die aus den obersten Blattachseln der Jahrestriebe entspringenden Kätzchen, die ebenfalls mit männlichen Blütenknäueln dicht besetzt sind, tragen an ihrem unteren Ende einige meist 3blütige weibliche Blütenknäuel, die von einer vielschuppigen Cupula bis auf die vorstehenden Perigonzipfel und Narbenarme (meist je 6 von jeder Blüte) völlig umschlossen sind. Zur Reifezeit springt die kugelige, bis faustgrosse Cupula, starrend von grünlichen, sparrig abstehenden, meist verzweigten langen und dünnen Stacheln vierklappig auf und entlässt die von den vertrockneten Perigonzipfeln und Narben gekrönten einsamigen Trockenfrüchte mit glänzend brauner, lederiger Fruchtwand, die „Kastanien“, die 2—3 cm lang und meist etwas breiter wie lang sind. Maronen nennt man die durch besondere Grösse und Schmackhaftigkeit ausgezeichneten Früchte einzelner Kulturrassen (z. B. von Lyon). 1 Hektoliter Kastanien wiegt 56—70 Kilo, 1 Kilo enthält 180—300 Früchte. Die Mannbarkeit tritt bei freiem Stand um das 20.—30. Jahr, im Schlusse ums 40.—60. Jahr, bei Stocklohden oft schon mit dem 6. Jahre ein. Sie trägt unter besonders günstigen Umständen fast alljährlich reichlich Früchte, meist ist jedes 2.—3. Jahr ein reichliches Samenjahr. Laubausbruch im Mai. Blütezeit später, im Süden Ende Mai bis Anfang Juni, im Norden des Kastaniengebiets oder in höherer Gebirgslage bis Mitte Juli; Fruchtreife im Oktober, Keimfähigkeit 55—60%, Dauer der Keimkraft $^1/_2$ Jahr. Keimung 4—6 Wochen nach

Frühjahrsaussaat mit unterirdisch bleibenden Cotyledonen. Das erste oberirdische Blatt ist noch ganzrandig, die folgenden typisch. Das Wachstum der jungen Pflanze ist bis zum 8. oder 10. Jahre ein kümmerliches, dann ein sehr freudiges, so dass sie binnen 50 Jahren noch im nördlichen Mitteldeutschland 16 m Höhe bei $^1/_2$ m Stärke erreicht. Gewöhnlich ist der Höhenwuchs mit 40 oder 50 Jahren erschöpft, während das Dickenwachstum ungemein lange andauert und der Baum unter günstigen Verhältnissen ein ungeheures, weit über 1000 Jahre betragendes Alter und ungeheure Dimensionen erreichen kann (bis 26 m Umfang am Aetna bei zweifellosen Einzelbäumen). Der freistehende Baum löst sich schon bald über dem Boden in eine viel- und starkästige, der Stieleiche ähnliche Krone auf, deren Belaubung aber gleichmässiger, dichter und schattender ist, während im Bestandesschluss viel schlankere und höhere Bäume erwachsen, die 20—25 m an Höhe erreichen können. Die Bewurzelung ist ähnlich wie bei der Eiche, kräftig und ausgebreitet, aus einer starken, sich bald in Wurzeläste auflösenden Pfahlwurzel und zahlreichen, oft weitstreichenden Seitenwurzeln, welche in höherem Alter einen oft mächtigen Wurzelanlauf bilden. Das Ausschlagvermögen der Stöcke ist ausserordentlich gross und über ein Jahrhundert andauernd, aus dem Wurzelanlauf entwickelt sich nicht selten kräftige Wurzelbrut, und bis zum Boden herabhängende Aeste vermögen dort Wurzeln zu schlagen. Die in grosser Zahl gebildeten Stocklohden sind ungemein raschwüchsig und erreichen mit 15 Jahren 5—9 m, mit 20—25 Jahren 10—12 m Länge. Die Rinde 1jähriger Zweige ist glänzend rotbraun mit weisslichen Lenticellen, an mehrjährigen olivenbraun, durch Flechtenentwickelung weissfleckig werdend, zwischen dem 15. und 20. Jahre tritt Borkebildung ein. Die Borke ist graubraun, netzförmig längsrissig. Der ringporige Holzkörper bildet, da der Splint nur wenige Jahresringe umfasst, frühzeitig einen dunkelbraunen Kern. Vom Eichenholz ist es anatomisch durch das Fehlen der breiten Markstrahlen und durch weniger dichtstehende weite Gefässe des Frühlingsholzes, von dem Eschenholz durch die im Spätholz in feinen, sich gabelig nach aussen verzweigenden Zügen angeordneten engen Gefässe verschieden. Das Holz ist schwer (0,66) hart, leichtspaltig, zähbiegsam, tragkräftig, gerbstoffreich und von ausserordentlicher Dauer. Das Verbreitungsgebiet der Edelkastanie geht durch das ganze südliche Europa von Portugal bis Griechenland, ausserdem wächst sie in den Kaukasusländern und in Nordafrika. Nach Plinius soll sie ca. 500 Jahre vor Christus aus dem Orient nach Europa gekommen sein, was bei dem massenhaften Auftreten derselben in Algerien und Spanien wenig wahrscheinlich erscheint. Die Nordgrenze ihres natürlichen Verbreitungsbezirks läuft nach Willkomm längs der Ränder des Jura durch die Schweiz, Südtirol, Kärnthen und Steiermark nach Ungarn, wo sie zum Teil grosse Wälder bildet, ist aber schon seit der Römerzeit erheblich nach Norden erweitert, namentlich am Mittel- und Oberrhein (Elsass, Rheinpfalz etc.). Als Obstbaum wird sie in ganz Süddeutschland in geeigneten Lagen gebaut, als Zierbaum geht sie bis zum südlichen Skandinavien. — Hinsichtlich der Standortsansprüche braucht die Edelkastanie zu freudigem Gedeihen tiefgründige, lockere, mässig frische Böden; nasse Standorte wie flachgründiger Kalkboden sagen ihr nicht zu. Zum Reifen ihrer Früchte verlangt sie als treue Begleiterin der Weinrebe ein mildes, warmes Klima und eine vor Früh- und Spätfrösten geschützte Lage. Ihr Lichtbedürfnis ist, entsprechend dem langsamen Wuchs im ersten Jahrzehnt, der dichten Krone und der Fähigkeit, dichte stammreiche Bestände zu bilden, ein bescheidenes; sie nähert sich hierin Schattenhölzern wie der Buche und verträgt den Seiten- und Schirmdruck von Kiefernstangenhölzern.

2. Castanea americana Rafinesque, die amerikanische Kastanie, von der unsrigen durch kleinere, langspitzige Früchte und überhängende,

beim Austreiben nur auf den Nerven der Unterseite behaarte Blätter verschieden, im atlantischen Amerika von Maine bis Michigan und Carolina heimisch, mit dem Optimum auf kräftigem Gebirgsboden im Süden, alljährlich sehr reichlich fruchtend, geht nach Mayr nach Norden soweit wie die Eiche und zeigt sich dadurch als merklich härter unserer Kastanie gegenüber, so dass sie in Lagen, in welchen zwar noch die Eiche, aber nicht mehr unsere Edelkastanie gedeiht, für Anbauversuche empfehlenswert erscheint.

§ 68. Birkenartige Laubhölzer (Familie Betulaceae.) Von den Fagaceen durch das Fehlen der Cupula und den zweifächerigen Fruchtknoten unterschieden. Blüten meist in Dichasien, diese zu Kätzchen angeordnet. Die Deck- und Vorblätter der weiblichen Blüten verwachsen mit einander. Männliche Blüten dem Deckblatt aufgewachsen, mit meist gespaltenen Staubblättern.

1. Tribus Coryleae.

Männliche Blüten einzeln dem Deckblatt aufgewachsen, ohne Perigon, weibliche Blüten in zweiblütigen Dichasien (die Mittelblüte fehlt!), mit Perigon, ihre Vorblätter samt dem Deckblatt wachsen der Frucht als Hülle an.

1. Carpinus Betulus Linné. Weissbuche, Hainbuche, Hornbaum (franz. Charme). Knospen (in der Regel nur Seitenknospen) länglich eiförmig, über der kleinen, drei Gefässbündelspuren enthaltenden Blattnarbe, dem Zweige angedrückt, mit vielen Knospenschuppen; an kräftigen Trieben oft noch unterständige Beiknospen; an den Grenzen der Jahrestriebe, über den Narben der Knospenschuppen winzige Kleinknospen. Blätter streng zweizeilig gestellt, kurz gestielt, eiförmig bis eilanzettlich, am Grunde oft schwach herzförmig, zugespitzt, 5—8 cm lang, 3—4 cm breit, am Rande scharf doppelt gesägt, kahl, anfangs zwischen den 10—15 Seitennervenpaaren gefaltet. Männliche Kätzchen rötlich-bleichgrün, meist sehr zahlreich, 3—5 cm lang, aus grösseren abstehenden Knospen vorjähriger Triebe entspringend, schlaff hängend; männliche Blüten mit 7—11 tief gespaltenen Staubblättern. Weibliche Kätzchen lockere Aehren an den Enden diesjähriger Kurztriebe bildend; weibliche Blüten paarweise in den Achseln der rel. grossen Deckblätter, jede in einer dreizipfeligen, zottig behaarten Hülle, aus der nur die beiden roten Narben hervorsehen. Fruchtstände ansehnlich, hängend, mit 3—4 cm grossen dreilappigen, netzadrigen, gelbbraunen, einseitig offenen Hüllen am Grunde der 5—9 mm langen, bräunlichen, zusammengedrückt eiförmigen, von dem vertrockneten Perigon gekrönten Nüsschen. Ein Hektoliter Nüsschen wiegt 42—50 Kilo; ein Kilo enthält 24000—32000 Nüsschen. — Die Mannbarkeit tritt zeitig ein, selbst im Schlusse schon ums 20. Jahr, im Freistand und bei Stocklohden noch früher. Blütezeit nach dem Laubausbruch, im Süden Ende April, im Norden im Mai und selbst (Ostpreussen) Anfang Juni. Fruchtbarkeit sehr gross, oft 2—3 Jahre nach einander volle Samenjahre. Samenreife im Oktober, Abfall der Früchte bald nach dem Laubfall, mitunter erst im nächsten Frühjahr. Keimfähigkeit 60—70%. Im Herbste ausgefallene Früchte keimen zum Teil im nächsten Frühjahr, bei Frühlingsaussaat liegen sie bis zum nächsten Jahre über. Keimung mit oberirdischen, verkehrt eiförmigen Cotyledonen mit pfeilförmiger Basis; folgende Blätter typisch. Wuchs in der Jugend sehr langsam, vom 5. oder 6. Jahre zunehmend und dann kurze Zeit rascher als bei der Rotbuche (mit 15 Jahren bis 6 m, nach 3—4 Jahrzehnten rasch sinkend, vom 50.—60. nur noch äusserst gering, mit 80—90 (ausnahmsweise 120) Jahren abgeschlossen. Im allgemeinen erreicht die Weissbuche nicht über 20 m Höhe und ca. $^{1}/_{2}$ m Durchmesser; meist wird sie mit 100—120 Jahren wipfeldürr und kernfaul, selten erreicht sie 150 Jahre und mehr und eine Stärke bis

über 1 m. Das Ausschlagvermögen ist, der reichen Knospenentwickelung entsprechend, ungemein gross und andauernd. Der Stamm ist auffallend spannrückig, d. h. im Querschnitt nicht rund, sondern aus- und einspringend, oft wie aus schwächeren Stämmen verwachsen, mit unregelmässiger, im Freistande tief angesetzter, besenförmiger, breiter Krone. Die Bewurzelung ist nach Bodenbeschaffenheit verschieden, in lockerem Boden eine mächtige rübenförmige Pfahlwurzel, gewöhnlich aber, namentlich auf flacherem oder stark tonhaltigem Boden kräftige weitstreichende Seitenwurzeln und Herzwurzeln und ein knolliger Wurzelstock. Das gelblichweisse, harte, schwere, schwerspaltige und sehr brennkräftige, zerstreutporige Holz zeigt zwischen den breiten Markstrahlen ausgebauchte undeutliche Jahrringgrenzen. Die breiten Markstrahlen sind wie bei Erle und Hasel falsche Markstrahlen, durch Mangel an Glanz und scharfer Begrenzung von den breiten Markstrahlen der Rotbuche verschieden, aber wie diese auf dem Radialschnitt Spiegel bildend; anatomisch zeigen sich die falschen Markstrahlen aus mehreren, einander sehr genäherten schmalen Markstrahlen, zwischen welchen das Holzgewebe gefässfrei ist, zusammengesetzt. Rinde 1jähriger Zweige olivgrün, 2- und 3jähriger braunrot; ca. vom 6. Jahre an beginnt die Graufärbung. Borkebildung tritt nicht oder in höherem Alter nur sehr unvollkommen, wesentlich durch Längsrisse auf.

Der Verbreitungsbezirk der Weissbuche geht vom südwestlichen Frankreich bis Persien, nördlich bis zum südlichen England und durch Dänemark bis Südschweden, und von da durch das südwestliche Russland bis zur Krim, südlich bis Morea und ganz Italien. Als Baum der Ebenen und des Hügellandes steigt sie nirgends, auch im Süden nicht, weit im Gebirge empor (Harz bis gegen 400 m, Karpathen ca. 800 m, Alpen ca. 900 m), meist eingesprengt oder in kleinen Beständen, im allg. nur in Südwestdeutschland geschlossene Hochwaldbestände bildend. Ihre Standortsansprüche sind mittlere, denen der Rotbuche ähnlich; sie gedeiht am besten in sandigem, frischem Lehmboden, gedeiht aber auch auf den verschiedensten Bodenarten, wie schwerem Tonboden, Kalkboden, tiefgründigem feuchtem Sande etc., dagegen nicht auf Torfmoorboden. Die Wärmeansprüche sind mässige und sie gedeiht noch in feuchtkalten Lagen, wo die Rotbuche versagt. Ebenso ist ihr Lichtbedarf ein geringer, wie die Trägwüchsigkeit der ersten Jugend, das dichte Laubdach, der bis zu höherem Alter gute Bestandesschluss und ihre Fähigkeit, Schirmdruck zu ertragen, andeuten. Auf schlechtem Standorte nimmt dagegen das Lichtbedürfnis in ziemlich erheblichem Masse zu.

Das Variationsvermögen ist unbedeutend, mehr oder weniger tief eingeschnittene Blätter werden mitunter an dem gleichen Baum gefunden.

2. Carpinus duinensis Scopoli (syn. orientalis Lamarck.), die orientalische Weissbuche ist die einzige von den 12 Carpinusarten, welche ausser Betulus noch im Gebiet vorkommt, von Italien bis Persien verbreitet, vertritt unsere Weissbuche im Südosten Europas. In der adriatischen Zone Oesterreich-Ungarns, in Croatien, Slavonien, im Banat und in Siebenbürgen als Strauch oder kleiner Baum mehr oder weniger häufig. Von der gemeinen Weissbuche, der sie in jeder Hinsicht sehr ähnlich ist, unterscheidet sie sich durch kleinere, nur bis 5 cm lange und halb so breite Blätter, nicht dreilappige, unsymmetrische, spitzeiförmige, am Rande gesägte Fruchthüllen von nur $1^1/_2$—2 cm Länge und kleinere (bis 5 mm), schon im Sommer reifende Nüsschen.

§ 69. Ostrya vulgaris Willdenow, die Hopfenbuche ist gleichfalls ein südeuropäischer kleiner Baum (selten bis 17 m und 100 Jahre), von den Pyrenäen bis Kleinasien, nordwärts bis zur südlichen Schweiz, Südtirol und dem südlichen Steiermark verbreitet, wo sie mit Vorliebe an felsigen Orten wächst; in Mitteldeutsch-

land häufig als Zierbaum. Blätter denen der Weissbuche ähnlich, aber schlanker zugespitzt und reicher an Seitennerven (13—17 und mehr!). Knospen seitlich abstehend. Männliche Kätzchen am Ende der Langtriebe, geschlossen überwinternd, aufgeblüht 2—3mal so lang, wie diejenigen der Weissbuche. Weibliche Blüten paarweise, jede von einer sackartigen Hülle umgeben, die sich bis zu der schon im Juli erfolgenden Fruchtreife stark vergrössert und dem ganzen Fruchtstand eine gewisse Aehnlichkeit mit demjenigen der Hopfenpflanze, der sog. „Hopfendolde" verleiht.

1. Corylus avellana Linné. Gemeine Hasel, Haselnuss, franz. Coudrier, Noisetier. Knospen eiförmig oder kugelig, mit mehreren Schuppen, über der fünf Gefässbündelspuren enthaltenden Blattnarbe etwas abstehend. Blätter kurzgestielt, verkehrt eiförmig, rundlich, gespitzt, bis 12 cm lang, 8 cm breit, am Rande meist scharf doppelt gesägt, nebst den Blattstielen drüsig behaart, an kräftigen Trieben ringsum, an schwächeren zweizeilig gestellt. Junge Triebe oft auffallend drüsig rotborstig, ohne echte Gipfelknospe. Männliche Kätzchen schon im Sommer vor der Blütezeit völlig entwickelt und geschlossen überwinternd, meist zu 2—4 an blattlosen, oft Knospen tragenden Kurztrieben am Ende vorjähriger Zweige, aufgeblüht 3—5 cm lang; männliche Blüten sehr dicht, mit je 4 tiefgeteilten Staubblättern. Weibliche Kätzchen in Knospen eingeschlossen, aus denen zur Blütezeit nur ein Büschel karminroter Narben hervorsteht. Die Vorblätter der weiblichen Blüte bilden an deren Grunde ein kleines, mehrzipfeliges Gebilde, das später der breit eirunden, braunen Haselnuss als die bekannte, grüne, am Rande in kurze breite Zipfel zerschlitzte Hülle anwächst. Mannbarkeit mit dem 10. Jahre, bei Stock- und Wurzellohden schon mit wenigen Jahren. Blütezeit einige Wochen vor dem Laubausbruch, mitunter schon Anfang Februar. Samenreife und -Ausfallen im Herbst. Samenjahre sehr häufig (auf 7 Ernten 1—2 Fehljahre). Keimung unterirdisch, bei Frühjahrsaussaat erst im 2. Jahre. 1jährige Pflanze klein, etwa fingerlang, mit typischen Blättern, Wuchs bis zum 6. Jahre gering, dann rasch; Wuchsform meist strauchig (3—5 m), selten kleine Bäumchen (bis 7 m), bei Stocklohden viel rascher, in 20 Jahren bis $6^1/_2$ m. Nicht selten bilden sich schon vor dem Abtrieb tief unten am Stamm Stocklohden, die zum Teil eine kurze Strecke unter dem Boden hinlaufen, ehe sie sich als „natürliche Absenker" aufrichten und bewurzeln. Lebensdauer als Kulturstamm 60—80 Jahre, im Walde noch kürzer. Ausschlagvermögen unverwüstlich. Bewurzelung bis zum 3. Jahre Pfahlwurzel, dann zahlreiche flachstreichende Seitenwurzeln, die nach Hartig zuweilen Wurzelbrut entwickeln. Rinde glänzend rötlichgrau mit braunen Lenticellen, ohne Borke. Holz zerstreutporig, ziemlich weich, gut spaltbar, von geringer Dauer, rötlich wie bei Fagus, mit kreisrunder Jahrringgrenze; falsche breite Markstrahlen wie bei Carpinus; spärliche Markflecke wie bei den Erlen. Gefässe in Radialreihen, mit leiterförmig durchbrochenen Querwänden. Das Verbreitungsgebiet der Hasel erstreckt sich über ganz Europa mit Ausnahme des äussersten Westens und hohen Nordens, ausserdem über Kleinasien und Algerien. Ihre Standortsansprüche ähneln denjenigen der Stieleiche, sie gedeiht auf den verschiedenartigsten Bodenarten, armen Sand- und Sumpfboden ausgenommen; ziemlich lichtbedürftig, aber einige Beschattung ertragend, wächst sie als Lückenbüsser im Niederwald, als Unterholz im Mittelwald, als Bodenschutzholz im Eichenhochwald.

Die zahlreichen Spielarten der Hasel, vornehmlich nach Gestalt, Grösse und Färbung der Nuss, aber auch nach der Gestalt der Blätter und Fruchthüllen verschieden, haben nur gärtnerisches Interesse.

2. Corylus Colurna Linné, die Baumhasel, vom südlichen Ungarn, wo sie in der Bergregion ganze Waldbestände bildet, durch die Donauländer bis Kleinasien verbreitet, aber auch in nördlichen Gegenden angepflanzt, unterscheidet sich vor allem durch ihre sehr grossen 2—4 cm langen, bis unter die Mitte in viele lange und schmale, vereinzelt grob gezähnte, hin und her gebogene Zipfel zerschlitzte Fruchthülle, über 10 cm lange Kätzchen und allmählich zugespitzte Blätter, deren unterstes Seitennervenpaar nach der Abzweigung vom Mittelnerv auf eine kurze Strecke in der herzförmigen Basis hart am Blattrande verläuft. — Sie bildet bis 12 m hohe und $^1/_2$ m starke gerade Stämme mit geschlossener Krone, deren Alter 100 Jahre in der Regel nicht überschreitet.

3. Corylus tubulosa Willdenow (syn. maxima Miller.) Lambertshasel, Lambertsnuss. Wild in Istrien, im Banat und weiter östlich in den Balkanländern, in Süd- und Mitteldeutschland vielfach angebaut. Ihre Fruchthüllen umschliessen die ganze, bis gegen 3 cm grosse, länglich eiförmige Nuss, sind über dem Scheitel derselben etwas verengt und dann in zwei breite, gewöhnlich zusammenneigende Lappen zerschlitzt. Grossstrauch von 7—10 m Höhe.

2. Tribus. Betuleae.

§ 70. Männliche Blüten mit Perigon, in dreiblütigen Dichasien der Deckschuppe aufgewachsen; weibliche Blüten ohne Perigon, ihre Vorblätter verwachsen mit der Deckschuppe zu einer 3- oder 5lappigen Schuppe, welche die Früchte nur von aussen deckt und nicht mit ihnen verwächst. Zweige ohne Endknospe. Mark 3eckig.

Birke. Betula (franz. Bouleau).

Knospen sitzend, klein, mit wenigen Schuppen, stumpf bis spitzeiförmig. Männliche Kätzchen an der Spitze vorjähriger Triebe geschlossen überwinternd (bei den Strauchbirken aber in Knospen eingeschlossen). Männliche Blüten mit je 2, tief 2spaltigen Staubblättern, daher auf jeder Deckschuppe scheinbar 12. Weibliche Kätzchen während des Winters in Knospen verborgen, im Frühjahr auf der Spitze wenigblättriger, diesjähriger Kurztriebe. Tragblätter der dreiblütigen Dichasien deutlich dreilappig, häutig bleibend und mit den flachen, zarthäutig geflügelten Nüsschen abfallend. Ca. 35 zum Teil schwierig zu unterscheidende Arten.

1. Betula verrucosa Ehrhart. Gemeine Birke, Weissbirke, Rauhbirke, Harzbirke. (Syn. B. alba L. zum Teil, pendula Roth) nicht selten mit der folgenden Art verwechselt, mit der sie durch Zwischenformen bezw. Bastarde verbunden ist. Bei der typischen Form sind Knospen, junge Triebe und Blätter in der Jugend klebrig, durch zahlreiche Wachsharzdrüsen, die später zu weisslichen Schüppchen eintrocknen. Blätter in der ersten Jugend spärlich behaart, später nebst den Trieben völlig kahl, dünn, rhombisch eiförmig bis dreieckig, lang zugespitzt, am Grunde meist keilförmig oder gerade abgeschnitten, am Rande scharf doppelt gesägt, $3^1/_2$—7 cm lang, mit halb so langem Stiel. Männliche Kätzchen mit bräunlichen Deckschuppen, ungestielt, zu 2—3, hängend, 4—6 cm lang. Weibliche Kätzchen zur Blütezeit schlank, aufrecht, grün, ca. 2 cm lang; Fruchtzäpfchen braun, langgestielt, dickwalzig, $1^1/_2$—3 cm lang, meist hängend. Fruchtschuppen mit kleinem gerundetem Mittellappen und grossen, breiten, fast rechtwinkelig abgespreizten Seitenlappen. Nüsschen ca. 2 mm gross, verkehrt eiförmig, von den 2 borstigen

Griffeln gekrönt, mit 2—3 mal so breiten, dünnen Flügelrändern, welche oben meist bis über die Griffel emporragen. 1 Hektoliter Nüsschen wiegt 8—10 Kilo; 1 Kilo enthält 1600000—1900000 Nüsschen. — Eintritt der Mannbarkeit bei freiem Stand im 10.—15. Jahr, im Schluss im 20.—30. Reiche Samenjahre ca. alle 3 Jahre. Blütezeit einige Tage nach dem Laubausbruch, je nach Klima und Lage Ende März bis Mai. Fruchtreife, der Blütezeit entsprechend, von Juni bis August und bald nachher beginnt das Abfliegen der Nüsschen und Deckschuppen von der stehen bleibenden Spindel, das sich zum Teil über den ganzen Winter hinziehen kann. Keimfähigkeit 15—20%. Dauer der Keimkraft $^1/_2$—1 Jahr. Die im Juli abfliegenden Nüsschen keimen nach 2—3 Wochen und das junge Keimpflänzchen kann noch im gleichen Jahre seinen ersten Höhentrieb vollenden. Keimung nach Frühjahrssaat, wenn überhaupt noch, nach 4—5 Wochen mit 2 winzigen eiförmigen Cotyledonen und fast 3lappigen Erstlingsblättern. Höhenwuchs bis zum 5. oder 6. Jahre gering, ca. 30 cm, dann ausserordentlich rasch, bis zum 15. oder 20. Jahre jährlich bis zu $^3/_4$ und selbst 1 m, hierauf abnehmend und mit dem 50.—60. Jahre und einer Maximalhöhe von 25—28 m abgeschlossen, während das Dickenwachstum bis zum ca. 80. Jahre noch nennenswert bleibt (40—60 cm Gesamtdurchmesser). Das Alter der Birke geht im gesunden Zustand selten über 90—100 (120) Jahre hinaus. Die Verzweigung besteht aus schwachen, anfangs besenförmig aufgerichteten, später mit zahlreichen dünnen Langtrieben überhängenden Aesten. Stämme schlank, im Stangenholzalter glänzend weiss, mit einem aus abwechselnd dünn- und dickwandigen Lagen gebildeten Periderm, das sich in dünnen Blättern abschilfert, in höherem Alter mit einer tiefrissigen, mächtigen, schwärzlichen, an Steinzellnestern reichen, bastfaserfreien Steinborke, die bis zur Basis der ältesten Aeste hinaufreicht. Die Bewurzelung besteht anfänglich aus einer reichverzweigten Pfahlwurzel von der Länge des Stämmchens, vom 6.—8. Jahre an aus einem knolligen Wurzelstock mit je nach Standort mehr flach und nicht sehr weitstreichenden Seitenwurzeln, bezw. einigen schief abwärtsdringenden Herzwurzeln. Am Wurzelstock bilden sich schon in den ersten Jahren eigentümliche Knospen, deren weitere Vermehrung Maserwuchs bedingt und aus welchen der Stockausschlag der Birke vornehmlich hervorgeht, während die sonstige Reproduktionskraft der Birke gering ist. Die Blätter der Stocklohden sind viel grösser, oft herzförmig, tiefer gesägt und selbst gelappt, bis 10 cm lang, weichbehaart. Holz gelblich- oder rötlichweiss, ohne sichtbare Markstrahlen, mittelschwer (0,65) und -hart, sehr schwerspaltig, elastisch, fest und brennkräftig, aber von sehr geringer Dauer. Anatomisch ist es durch Markflecke wie bei den Erlen (besonders im innern Holzkörper) und die zu 2—4 in radialen Gruppen vereinten Gefässe charakterisiert. Das Verbreitungsgebiet der gemeinen Birke reicht über den grössten Teil Europas vom nördlichen Spanien, dem Rhodopegebirge der Balkanhalbinsel und von Sizilien bis zum 65° in Schweden. Innerhalb dieses Gebiets tritt sie vorwiegend vereinzelt oder horstweise auf, nur in den Ostseeprovinzen und im mittleren Russland bildet sie teils allein, teils mit Weisserle, Aspe und Kiefer ausgedehnte Bestände. Ausserhalb Europas ist sie in den Kaukasusländern und im mittleren und nördlichen Asien verbreitet. Im Gebirge steigt die gemeine Birke hoch empor, in Norwegen bis ca. 600 m, im Harz und Erzgebirge und bayrischen Wald bis gegen 1000 m, in den Alpen und der hohen Tatra bis ca. 1500 m, in den Pyrenäen und am Aetna bis ca. 2000 m. Ihre Standortsansprüche sind bezüglich Wärme, Feuchtigkeit und Nährkraft des Bodens bescheidene, nur reine Kalk- und saure Moorböden werden von ihr gemieden, dagegen ist ihr Lichtbedürfnis dem der Lärche ähnlich und am grössten von allen Laubhölzern, was sich trotz

der Trägwüchsigkeit in der ersten Jugend durch die ungewöhnlich lockere Krone, die senkrecht herabhängenden Blätter, die Unfähigkeit, Schirm- und Seitendruck, selbst der eigenen Art zu ertragen, und die sehr frühzeitige starke Verlichtung reiner Birkenbestände, sowie ihre Vorliebe für sonnige Süd- und Ostlagen, besonders an Waldrändern, verrät.

2. Betula pubescens Ehrhart. Ruchbirke, Haarbirke, Bruchbirke, nordische Weissbirke (syn. alba Linné zum grösseren Teil, odorata Bechstein), der gemeinen Birke in jeder Beziehung sehr nahestehend und typisch von ihr durch folgende Kennzeichen unterschieden: Junge Triebe und Blätter ohne Wachsharzabsonderung, anfangs balsamisch duftend und mehr oder minder auffällig behaart, später meist kahl, Blätter derber, kürzer gespitzt, Fruchtschuppen stärker bewimpert, mit längerem, spitzem Mittellappen und eckigen, gleichsam gestutzten, Seitenlappen. Flügel der Frucht etwa bis 1½mal so breit als die Nuss, nach oben gar nicht oder nur bis zur Basis der Narbenarme vorragend. Wuchs sperriger, häufig strauchartig; Aeste weniger überhängend. Borke schwächer, nie so hoch am Stamm emporreichend, wie bei der gemeinen Birke. Das Verbreitungsgebiet der Ruchbirke umfasst ganz Mittel- und Nordeuropa (bis zum Nordkap) und einen bedeutenden Teil des nördlichen Asien. Im nördlichen Drittel ihres Gebiets ist sie allein herrschend, bestandbildend vorzugsweise im Nordosten, in Deutschland nur noch in Ostpreussen, weiter westlich und südlich nur noch vereinzelt oder horstweise, besonders auf Moorboden. Südlich der Alpen und Karpathen fehlt sie. Im Gebirge steigt sie höher empor als die gemeine Birke. Sie beansprucht durchaus einen anhaltend feuchten Boden oder ein während der Vegetationsperiode nebel- und regenreiches Klima und gedeiht am besten, wo beides gleichzeitig vorhanden ist (Erlenbrüche Norddeutschlands). Hinsichtlich der Bodentiefe ist sie sehr genügsam und zeigt eine viel grössere Neigung zu Stockausschlägen, als die gemeine Birke. Die Variationsfähigkeit der Ruchbirke ist unter allen Baumbirken am grössten, derjenigen der Bergkiefer vergleichbar! Hält es schon schwer, Betula verrucosa und pubescens auseinander zu halten, so ist eine scharfe Sonderung der durch viele Zwischenformen verbundenen zahllosen Formen der Ruchbirke derzeit kaum möglich, zumal auch Boden und Klima vielfach formbestimmend wirken.

Als forstlich unbedeutende Kleinsträucher kommen bei uns noch zwei Vertreter der echten „Strauchbirken" vor, ausgezeichnet durch kleine, unterseits hellgrüne, auffallend netzaderige Blätter, aufrechte oder nur wenig überhängende männliche Kätzchen, aufrechte Fruchtzäpfchen und sehr schmal geflügelte Früchte.

3. Betula humilis Schrank, die gemeine Strauchbirke (syn. fruticosa Autorum), selten über 1 m hoch, ist bei uns auf Torfmoore am Nordrand der Alpenkette, Galiziens, Siebenbürgens und Norddeutschlands beschränkt. Junge Triebe mit Wachsharzabsonderung. Blätter rundlich-eiförmig, beiderseits verschmälert, kurz gestielt, 1½—3 cm lang, am Rande scharf gesägt. Fruchtzäpfchen 1(—1½) cm lang; Deckschuppen ähnlich wie bei pubescens, aber tiefer 3teilig und Mittellappen grösser.

4. Betula nana Linné, die Zwergbirke, 30—60 cm hoch, in den Torfmooren der Alpen und mitteldeutschen Gebirge, hauptsächlich aber in Nordeuropa und Nordasien heimisch, hat nahezu kreisrunde, 6—12 mm lange, am Rand kerbzähnige Blättchen, Triebe ohne Wachsharzaussonderung und ungeteilte oder 3spaltige Deckschuppen mit gleich grossen runden Zipfeln.

5. Betula lenta Linné, die Hainbirke, auf Flussniederungen und an Berghängen des östlichen Nordamerika nach Mayr Bäume von durchschnittlich 25 m Höhe bildend, deren wertvolles Holz durch das hohe spez. Gewicht 0,76 und deutlichen braunen Kern ausgezeichnet ist, hat kahle junge Triebe und ist durch die unserer Weissbuche sehr ähnlichen, 5—7 cm langen Blätter mit zahlreichen Seitennervenpaaren und die erst im Frühjahr abfallenden, mit 3 gleich geformten Lappen versehenen Fruchtschuppen von unsern einheimischen Birken sofort zu unterscheiden. Seit einigen Jahrzehnten ist sie mit bestem Erfolg zu Anbauversuchen in Deutschland herangezogen worden, ist nach Schwappach vollständig frosthart, verlangt zu gutem Gedeihen einen ziemlich guten, frischen und tiefgründigen Boden, wo sie schon im ersten Jahre eine mit reichlichen Seitenwurzeln versehene, ziemlich lange Pfahlwurzel entwickelt. Strenger, nasser, ebenso auch armer und trockener Boden sind ungeeignet für sie. Höhenwuchs im ersten Jahre gering, 7—10 cm, dann rasch zunehmend und schon mit 8 Jahren ca. 4 m erreichend. Entschiedene Lichtholzart. In der Jugend gegen anhaltende Dürre empfindlich.

Erle. Alnus (franz. Aulne).

§ 71. Knospen meist gestielt, mit 2—3 dickwandigen Knospenschuppen, von denen die äussere die andern umfasst. Männliche Blüten mit je 4 Staubgefässen, wie bei den Birken in Kätzchen. Tragblätter der zweiblütigen weiblichen Dichasien undeutlich fünflappig, bis zur Reife stark verholzend, sperrig sich öffnend und nach dem Ausfall der meist ungeflügelten Nüsschen an der Kätzchenspindel stehen bleibend. — 14 Arten.

1. Alnus glutinosa Gärtner. Schwarzerle, Roterle, Eller. Gestielte Knospen und junge Triebe sehr klebrig. Blätter dunkelgrün, rundlich oder verkehrt-eiförmig, abgestumpft oder an der Spitze eingebuchtet, am Grunde keilig, am Rande ungleich oder seichtlappig, doppelt klein-gekerbt-gesägt, kahl bis auf, meist rostgelbe, Haarbüschel in den Aderwinkeln der Unterseite, 4—9 cm lang. Männliche und weibliche Kätzchen (lang) gestielt, schon im Sommer entwickelt, anfangs grün, im Herbste violettbraun und frei überwinternd; die männlichen zu mehreren am Ende junger Triebe, worauf die weiblichen nach unten folgen; männliche Kätzchen beim Aufblühen 5—10 cm lang, mit violett- oder rotbraunen Deckschuppen und gelben Staubbeuteln; an den kleinen (3—4 mm), eiförmigen weiblichen Kätzchen treten zur Blütezeit nur die roten Narben zwischen den Deckschuppen hervor. Fruchtzapfen 1—2 cm lang, jung grün und klebrig, reif dunkelbraun. Nüsschen flach, 2—4 mm lang, im Umriss rundlich bis 5eckig, rötlichbraun, ungeflügelt oder mit schmalem, undurchsichtigem Saum. 1 Hektoliter Nüsschen wiegt 28—35 Kilo; 1 Kilo enthält ca. 600000—1000000 Früchte. — Eintritt der Mannbarkeit nach Boden und Klima verschieden, im Freistande zwischen dem 12. und 20. Jahr, im Schluss meist nicht vor dem 40. Blütezeit je nach Klima und Lage Ende Februar bis Anfang Mai, stets einige (2—5) Wochen vor dem Laubausbruch. Samenreife im September oder Oktober; Ausfliegen oft noch im Herbst, meist aber erst im Februar und März des nächsten Jahres; Keimfähigkeit 25—35%; Dauer der Keimkraft bis 3 Jahre (bei aus dem Wasser gefischtem Samen höchstens ½ Jahr). Auflaufen bei Frühjahrssaat nach 4—5 (6) Wochen mit zwei kleinen, oberirdischen, eiförmigen Cotyledonen, auf welche sägezähnige Erstlingsblätter folgen. Das Pflänzchen erreicht schon im 1. Jahre Handlänge, wächst dann sehr rasch, bis etwa zum 6. Jahr (bis 1 m pro Jahr), dann bis zum 20. Jahr durchschnittlich noch ⅔—¾ m, worauf, bei beginnender Mannbarkeit, der Höhenwuchs

erlahmt und die Krone sich abwölbt. Gesamthöhe selten über 20 m (ausnahmsweise bis über 33 m), Stärke selten 1/2 m überschreitend. Alter gewöhnlich nicht höher als 100—120 Jahre. Der Stamm reicht wie bei den Nadelhölzern gewöhnlich bis in den Gipfel, ist sehr vollkommen geformt, und trägt meist wagrechte, weit ausgreifende, ziemlich schwache Aeste mit lockerer Belaubung. Das Ausschlagvermögen ist gross und anhaltend, die Stocklohden zeigen ein sehr rasches und andauerndes Wachstum, anfänglich bis 13 cm grosse Blätter und grosse Neigung zur Johannistriebbildung. Wurzelbrut wird nie entwickelt und die Stockausschläge erst nach Abhieb des Stammes. Die Bewurzelung ist sehr anpassungsfähig an die Standortsverhältnisse, in tiefgründigem lockerem Boden aus mehreren tief eindringenden Herzwurzeln, die sich erst im Untergrund verzweigen, in trockenem flachgründigem, wie auch auf nassem Bruch-Boden aus kurzen Herzwurzeln und zahlreichen flach- und weitstreichenden Seitenwurzeln. Eine allgemeine Erscheinung an Erlenwurzeln sind die durch den Pilz Frankia alni hervorgerufenen, bis faustgrossen knolligen oder korallenförmig verzweigten Wurzelanschwellungen, deren biologische Verhältnisse noch nicht völlig geklärt sind. Die Rinde im 1. Jahr grünlich-, in der Folge dunkelchocoladebraun, im Alter eine schwarzbraune Tafelborke entwickelnd. Das zerstreutporige Holz ohne gefärbten Kern, beim Fällen weisslich, färbt sich an der Luft alsbald tief gelbrot, ist wenig elastisch und tragkräftig, weich, gut spaltbar, vom spez. Gewicht 0,53, sehr wenig brennkräftig, sehr vergänglich, bei steter Berührung mit Wasser aber sehr dauerhaft; anatomisch ist es durch falsche, breite Markstrahlen (wie Carpinus) und durch häufige Markflecke ausgezeichnet, kleine rötlichbraune Fleckchen, welche sich in jungen Stangen oder im Innern stärkerer Hölzer finden und welche die später mit rundlichen Zellen nach Art der Thyllenbildung ausgefüllten Frassgänge gewisser in den jüngsten Holzschichten lebenden Fliegenlarven (Tipula) darstellen.

Das Verbreitungsgebiet der Schwarzerle erstreckt sich über ganz Europa bis zum $62^{1}/_{2}{}^{0}$ n. Br. in Norwegen; ausserdem kommt sie noch in Sibirien und in Nordwestafrika vor. Als Hauptholzart der Bach- und Flussufer sowie des Bruchbodens ist sie allenthalben auf geeigneten Standorten verbreitet, bestandbildend namentlich in Norddeutschland und im mittleren Russland. Im Gebirge geht sie selbst im Süden nirgends erheblich weit in die Höhe (in Norwegen bis 300, im Harz und Erzgebirge bis 600 m, in den bayrischen Alpen bis 800, in den Centralalpen selten über 1000 etc.). Die Schwarzerle verträgt von all unseren Holzarten die meiste Bodenfeuchtigkeit, verlangt aber zu üppigem Gedeihen Riesel-, nicht Stauwasser, in dem sie weniger gut gedeiht, und stellt hohe Ansprüche an die Tiefgründigkeit des Bodens; auf flachgründigen, wenn auch feuchten Standorten, wird sie frühzeitig wipfeldürr. Ebenso ist ihr ein höheres Mass von Luftfeuchtigkeit förderlich. Reine Sand- oder Kalkböden sagen ihr nicht zu. Ihre Ansprüche an die Milde des Klimas sind sehr bescheiden. Hinsichtlich ihres Lichtbedürfnisses ist sie noch zu den Lichtholzarten zu rechnen.

2. Alnus incana Willdenow, die Weisserle, Grauerle, ist durch folgende Merkmale leicht zu unterscheiden: Knospen behaart, junge Triebe dicht flaumig, ebenso wie die Blätter nie klebrig. Blätter in der Jugend dicht graufilzig, später oberseits dunkelgrün, fast kahl, unterseits graugrün und mehr oder weniger behaart, eiförmig zugespitzt, am Rande scharf doppelt gesägt. Weibliche Kätzchen sehr kurz gestielt, ihre Tragzweige, ebenso wie die der männlichen, dicht flaumhaarig. Nüsschen etwas grösser mit dünnem, dunklem Rand, teils hell-, teils dunkelbraun. 1 Hektoliter Nüsschen wiegt 21—23 Kilo. 1 Kilo enthält

600000—700000 Nüsschen. Keimfähigkeit ca. 25%. Die Mannbarkeit tritt früher ein, im Freistand schon mit 15 Jahren. Die Blütezeit fällt etwa 3 Wochen früher. Der Wuchs ist weniger stattlich, die Krone weniger gegliedert, die Aeste mehr aufgerichtet, der Stamm häufig krumm und etwas spannrückig. Das Ausschlagvermögen ist sehr bedeutend, da die Weisserle nicht nur Stockausschlag sondern auch reichliche Wurzelbrut liefert. Die Bewurzelung ist flacher, mit noch weiter streichenden Seitenwurzeln. Die Wachstumsgeschwindigkeit, anfänglich der Schwarzerle nicht nachstehend (im 1. Jahre oft schon 1/2 m), lässt oft schon vom 10—15. Jahre nach. Die Lebensdauer in gesundem Zustande überschreitet nach Hempel und Wilhelm selbst bei günstigen Verhältnissen kaum 40—50 Jahre und kann auf schlechtem Standort auf 20—25 Jahre herabsinken. Die Rinde, anfangs hellgraubraun, dann glänzend silbergrau, reisst nur im höheren Alter etwas auf, bildet aber keine eigentliche Borke. Das Holz, dem der Schwarzerle in jeder Beziehung sehr ähnlich, aber etwas ärmer an falschen breiten Markstrahlen, hat einen viel geringeren Gebrauchswert. Das Verbreitungsgebiet umfasst das mittlere und nördliche Europa bis zu 70 1/2° n. Br. mit dem Maximum im Nordosten. Ausserdem erstreckt es sich durch das mittlere und nördliche Asien bis nach Kamtschatka. Ebenfalls an Bach- und Flussufern vorkommend, aber weniger an feuchten Boden gebunden und stauende Nässe weit weniger vertragend, steigt sie im Gebirge höher empor, in den Schweizer und Tiroler Alpen z. B. bis ca. 1400 und 1600 m, die Kiesbänke der Gletscherbäche in Gesellschaft der Weiden besiedelnd. An die Tiefgründigkeit des Bodens stellt sie geringere Ansprüche und besitzt grössere Anpassungsfähigkeit an die Verschiedenheiten der Standorte.

Zwischen der Schwarz- und Weisserle kommen gelegentlich Bastarde vor, die teils (A. pubescens) der Schwarz-, teils (A. ambigua) der Weisserle näher stehen.

3. Alnus viridis De Candolle, die Grünerle, Bergerle, Alpenerle, Laublatsche, den Birken näher stehend und vielfach als besondere Gattung (Alnaster, Alnobetula) betrachtet, ist stets strauchförmig (1—2 1/2 m), hat sitzende spitze Knospen und die weiblichen Kätzchen brechen erst im Frühjahr aus kurzen Laubzweiglein hervor. Blätter ähnlich wie bei incana gestaltet, aber kleiner (3 1/2—6 cm), jung klebrig, alt beiderseits meist kahl. Männliche Kätzchen ungestielt, schon im Sommer ausgebildet, überwinternd; männliche Blüten mit vollständig geteilten Staubbeuteln. Nüsschen 1,5 mm lang, mit breitem, häutigem Flügel, ähnlich dem von Betula lenta. Blütezeit an den meist hochgelegenen Standorten von Ende Mai bis Anfang Juli. Die Grünerle ist in der gemässigt kalten und kalten nördlichen Zone in verschiedenen Varietäten fast rings um den Erdball verbreitet. In Mitteleuropa findet sie sich vornehmlich in den Alpen und Karpathen, wo sie bis gegen 2000 m emporsteigt, in reinen Beständen, häufig in Gesellschaft von Knieholz oder Alpenrosen auftritt und vielfach an steilen Hängen kleine Schutzwälder gegen Lawinen und Stein- und Erdabrutschungen bildet, wozu sie durch ihren dicht buschigen, oft latschenähnlichen Wuchs, ihre feste Verankerung im Boden, ihr grosses Ausschlagvermögen und ihre reichliche Wurzelbrut, sowie ihre Raschwüchsigkeit vorzüglich geeignet ist. Von den Hochgebirgen geht sie an den Ufern der Bäche und Flüsse bis tief in die Täler hinab und auf die nördlich angrenzenden Hochebenen und findet sich häufig auch im südlichen Schwarzwald, im Böhmerwald und im böhmisch-mährischen Waldgebiet.

B. Steinfrüchtige Kätzchenträger.

§ 72. Wallnussartige Laubhölzer. (Familie Juglandaceae). Blätter ohne Nebenblätter, gross, unpaarig gefiedert, wechselständig. Männliche Blüte der Deckschuppe aufgewachsen. Steinfrüchte mit unvollständig 2fächerigem Steinkern. Embryo des endospermlosen Samens mit grossen, lappigen, ölreichen Cotyledonen, welche bei der Keimung unter der Erde bleiben.

Wallnussbaum. Juglans (franz. Noyer).

Männliche Kätzchen einzeln, hängend, weibliche (bei den 3 ersten Arten) wenigblütig. Steinfrucht gross, ungeflügelt, mit fleischigem oder lederigem Fruchtfleisch. Mark der Zweige quer gefächert.

1. Juglans regia Linné. Gemeiner Wallnussbaum. In zahlreichen Kulturrassen, welche aber keine Uebergänge zu verwandten Arten zeigen, als Obstbaum kultiviert und nur ausnahmsweise im Walde angebaut. Blätter mit grossem Endblättchen 20—35 cm lang, aus 5—13, meist 7, länglich eiförmigen, zugespitzten, meist ganz randigen 6—10 cm langen Blättchen zusammengesetzt, oberseits glänzend dunkelgrün, kahl, unterseits nur in den Aderwinkeln bärtig. Frucht kugelig oder oval, von sehr verschiedener Grösse, kahl, grün, glatt; Innenschale grubig gefurcht, holzig, scherbengelb, dünn oder mässig dick, mit dünnen Scheidewänden. Die Mannbarkeit tritt etwa ums 20. Jahr ein; Samenjahre alle 2—3 Jahre. Dauer der Keimkraft $^1/_2$ Jahr. Der Höhenwuchs ist ziemlich rasch, der Baum erreicht mit 60—80 Jahren 15—20 m Höhe, die später kaum mehr wesentlich überschritten wird, da der Stamm sich gewöhnlich wenige Meter über dem Boden in eine ausgebreitete, starkästige, abgewölbte Krone auflöst. Der Durchmesser kann bei ca. 300—400 Jahre anhaltendem Dickenwachstum bis über 1 m erreichen. Das Wurzelsystem besitzt eine auch später vorherrschende kräftige Pfahlwurzel. Das Holz vom spez. Gewicht 0,68 mit braun bis schwarzbraun gewässertem Kern ist das wertvollste einheimische Nutzholz, das einzige zerstreutporige Holz, dessen Gefässe schon mit blossem Auge zu erkennen sind; die Markstrahlen sind sehr fein, mit blossem Auge nicht zu erkennen. Die Rinde bildet eine tiefrissige hellgraue Borke.

Das natürliche Verbreitungsgebiet reicht von Südosteuropa bis Zentralasien. In Südeuropa und in den milderen Gegenden Zentraleuropas allgemein angebaut, im Südosten Oesterreich-Ungarns verwildert und selbst bestandbildend, ist er eine anspruchsvolle Holzart, die mildes Klima, geschützte Lage und tiefgründigen, nahrhaften, milden Boden verlangt und gegen Spätfröste sehr empfindlich ist.

2. Juglans nigra Linné. Schwarzer Wallnussbaum, im östlichen Amerika vom südlichen Canada bis Florida und von Minnesota bis Texas besonders in Flussniederungen und auf tiefgründigen Berghängen heimisch, auf angeschwemmtem Boden seines Optimums, im kontinentalen Teil der südlichen Laubwaldhälfte, bei ca. vierhundertjährigem Alter bis 45 m Höhe und 3 m Durchmesser erreichend, ist durch 25—40 cm lange Blätter mit (11) 13—19 (23) langzugespitzten, länglichlanzettlichen, am Rande gesägten, bis 10 cm langen, oberseits kahlen, unterseits zerstreut kurzhaarigen Blättchen (Endblättchen fehlt öfters) ausgezeichnet. Früchte kugelig, kahl, rauhschalig, abgefallen schwarz, mit dicker tiefgefurchter schwarzer Innenschale und dicken Scheidewänden. Borke kleinschuppig, später tiefrissig, dunkelgrau. Wegen seines vorzüglichen Holzes vom spez. Gewicht 0,54—0,61, das sehr schmalen Splint und dunkelbraun-violettes Kernholz besitzt, auch schönen

Maserwuchs zeigt, dem von J. regia nicht nachsteht, aber in allen guten Eigenschaften dem der grauen Wallnuss überlegen ist, wurde der Baum in den letzten Jahrzehnten forstlich vielfach in grösserem Massstabe angebaut. Im Freistand bildet er eine ähnliche Krone wie unser Wallnussbaum, im Schlusse einen vollendeten astreinen Schaft. Die Nüsse keimen, feucht aufbewahrt, bezw. vorgekeimt, mit 70—80%, die 1jährige Pflanze erreicht schon 30—80, im Durchschnitt 40 cm Länge und bildet eine Pfahlwurzel von ähnlicher Länge, die vom 2. Jahre ab ungemein stark und fleischig ist und nur wenig Seitenwurzeln besitzt. Die weiteren Zuwachsverhältnisse sind ausserordentlich günstig. Mit 40 Jahren erreicht der Baum bei uns auf gutem Standort 15—20 m Höhe, in 60—80jährigem Alter 25 m und mehr und bis 1 m Durchmesser. Die Standortsansprüche sind hohe, ähnlich wie beim gemeinen Wallnussbaum, doch ist er in geeigneten Lagen viel weniger durch Spätfröste gefährdet, während Frühfröste bei der langen Vegetationsdauer gefährlich sind; er ist eine ausgesprochene Lichtholzart, doch ist in den ersten Jahren mässige Beschattung vorteilhaft und Seitenschutz in der Jugend notwendig.

3. Juglans cinerea Linné. Grauer Wallnussbaum, Butternuss, mit vorstehender Art die Standorte im östlichen Nordamerika teilend, aber weniger weit nach Süden und Südwesten vordringend. Blätter bis 60 cm, mit 13—15 (21) ähnlichen, aber scharfgesägten Blättchen, die oberseits kurzhaarig, unterseits sternhaarig sind; Endblättchen meist vorhanden. Früchte 2fächerig, pflaumenförmig, drüsig klebrig, mit rotbraunen Haaren ebenso wie die jungen Zweige dicht besetzt; Innenschale gleichfalls dick, spitzeiförmig, längsrippig gefurcht, schwärzlich, Borke weisslich-aschgrau, Holz leichter (0,41). — In seiner Entwickelung und in seinen Lebensansprüchen steht der graue Wallnussbaum dem schwarzen sehr nahe, stellt indes etwas geringere Anforderungen an die Lockerheit des Bodens, da seine Bewurzelung viel flacher zu sein pflegt, ist frosthärter und darum in rauheren Lagen widerstandsfähiger, gedeiht z. B. noch sehr gut in den russischen Ostseeprovinzen, wo J. nigra nicht mehr fortkommt, erträgt mehr Schatten, erlahmt aber viel früher in seinem Höhenwuchs (bei uns bis ca. 15 m).

4. Juglans Sieboldiana Maximovicz aus Japan, bei den Versuchen in Grafrath und Riedenburg nach Mayr durch Raschwüchsigkeit und Frosthärte auffallend, da sie im Herbste frühzeitig ihr Wachstum einstellt und im Frühjahr spät ergrünt, hat in langen, hängenden Trauben angeordnete Früchte, die ähnlich klebrig wie bei voriger sind; die dicke nicht zusammengedrückte Innenschale derselben ist mit 2 dickwulstigen Kanten versehen; Blättchen (9) 11—15 (17), breit länglich, kurz gespitzt, stumpfgesägt.

Pterocarya rhoifolia Siebold et Zuccarini. Flussnuss. (Syn. sorbifolia). Männliche Kätzchen einzeln und Zweige quergefächert wie bei Juglans. Weibliche Kätzchen sehr vielblütig. Frucht klein, unter der Mitte von den 2 flügelartig angewachsenen Vorblättern schief becherförmig umfasst. Blätter 30—45 cm lang mit 15—21 Blättchen, Endblättchen öfters fehlend. Sie liebt in ihrer Heimat, dem Innern Japans, nach Mayr rezente Aubildungen, steht oft tief im Schotter der Gewässer und liefert auf solchen Standorten, die bei uns mit Weiden, Erlen und Pappeln bestockt sind, ein wertvolles Holz. Im Waldboden in Riedenburg in Bayern ist sie mit 9 Jahren nahezu 4, in Lützburg $5^1/_2$ m hoch geworden, überall ganz unberührt vom Froste.

Hickorynuss. Carya[39]) (richtiger Hicoria.)

39) Der Gattungsname Carya wurde hier nur deshalb beibehalten, weil er allgemein

§ 73. Männliche Kätzchen meist zu 3 auf gemeinsamem Hauptstiel, weibliche 3—10blütig. Steinfrucht gross. Aeussere Schale derselben anfangs fleischig, später holzig, 4klappig aufspringend. Die Steinkerne öffnen sich bei der Keimung nicht längs den Kanten, sondern zerfallen zwischen denselben in 2 Teile. Mark der Zweige ungefächert. 8 nordamerikanische Arten.

Die Hickoryarten nehmen am Aufbau des Laubwalds der östlichen vereinigten Staaten vom Lorenzostrom bis Texas gleich den Eichen einen grossen Anteil, wenn sie auch nie bestandbildend und meist nur eingesprengt vorkommen. Alle lieben tiefgründigen lockeren Boden und erwachsen auf dem kräftigen Schwemmboden der Flussniederungen, über dem Hochwasserniveau erhaben, zu den stattlichsten Dimensionen (bis 30 m, einzelne im Optimum [westlich vom Alleghanigebirge] bis 45 m). Das schwere Hickoryholz gehört zu den wertvollsten Nutzhölzern der nördlich-gemässigten Erdhälfte. Hickory ist ein Sammelname für das Holz der am weitesten nördlich reichenden Arten (C. alba, porcina, sulcata, tomentosa und amara), während dasjenige der südlichen Arten viel geringeren Gebrauchswert besitzt. Das ringporige Holz der einzelnen Arten ist anatomisch im wesentlichen gleich gebaut, von den Juglansarten sehr verschieden und dem Eschenholz einigermassen ähnlich, aber mit sehr schmaler Zone grosser Gefässe im Frühjahrsholz und mit zahlreichen, dem Jahresring parallelen Parenchymstreifen im Spätholz. Allen Hickorys gemeinsam ist die späte Verkernung des Holzes, erst vom ca. 50. Jahre tritt die bräunliche Verfärbung ein, was aber für den Gebrauchswert der Hölzer belanglos ist. Wegen der ganz hervorragenden technischen Eigenschaften ihres Holzes (sehr schwer, ca. 0,90 bis 0,80, hart, sehr schwerspaltig, sehr zäh, sehr elastisch, sehr fest, dauerhaft und brennkräftig) hat man in den letzten Jahrzehnten umfassende Anbauversuche mit den oben genannten 5 Arten gemacht, bei welchen sich alba als die beste erwiesen hat. Alle Hickoryarten verlangen zu gutem Gedeihen kräftigen, frischen, nicht zu strengen Boden (beste Eichenböden) und ein mildes, lange Vegetationszeit gewährendes Klima (Eichenklima). Die Keimung erfolgt bei uns sehr spät, im Spätsommer oder Herbst und die jungen Pflanzen reifen dann nicht aus; viele Nüsse liegen bis zum 2. und 3. Jahre über. „Vorgekeimt“ und im April ausgesät, treiben sie im Mai bis Juni aus. Die Entwickelung der oberirdischen Pflanze ist in den ersten 5 Jahren langsam (Gesamtleistung ca. 80 cm), während sich in dieser Zeit hauptsächlich eine kräftige Pfahlwurzel ausbildet, die im 1. Jahre ca. 30 cm, im 2. ca. 50 cm lang wird, mit zahlreichen schwachen Seitenwurzeln besetzt ist und nicht so fleischig und rübenförmig wie bei J. nigra ist. Obwohl Lichtpflanzen, bedürfen sie in der Jugend unbedingt des Schutzes, lichten Schirm von oben und Seitenschutz, da sie, bis etwa zum 5. Jahre, gegen Spät- und Frühfröste empfindlich sind. Ihr Ausschlagsvermögen, sowohl aus dem Stock, wie aus den Wurzeln, ist ausserordentlich und sehr andauernd. 9jährige Pflanzen erreichen vielfach 2 m Höhe und dann erst geht das Längenwachstum, wie auch in ihrer Heimat, energisch voran. Die wichtigsten Unterschiede der einzelnen Arten sind folgende:

1. Carya alba Nuttal (richtiger Hicoria ovata Britton.) Weisse Hickory. Blätter langgestielt, 30—60 cm lang, mit 5 Blättchen, deren grösste Breite in der Mitte liegt und von denen die 3 obersten die grössten sind. Blattrand stumpf gesägt, Zähne stets behaart. Endknospen sehr gross, länglich, mit

---

in der forstlichen Literatur gebraucht wird. Dippel, Laubholzkunde, Köhne, Dendrologie und die in Amerika gültige Nomenklatur brauchen den Namen Hicoria!

einigen abstehenden, braun behaarten Schuppen.

2. Carya amara Nuttal (richtiger Hicoria minima Britton.) Bitternuss. Blätter 25—35 cm lang, mit 7—11 Fiederblättchen; charakteristisch sind die gelbgrünen, 4kantigen, vom Trieb weggekrümmten Knospen. Diese für uns zweitwertvollste Hickoryart liebt das grösste Mass von Bodenfrische und gedeiht besonders gut in der Nähe des Wassers.

3. Carya porcina Nuttal (richtiger Hicoria glabra Britton.) Schweinsnuss-Hickory. Blätter 25—40 cm lang, mit 5—7 kahlen Blättchen, die Blattzähne nach vorn gekrümmt. Knospen kurz, eiförmig, mit braunen, kahlen Schuppen. Diese Art nimmt noch mit einem weniger guten, mehr sandigen Boden vorlieb, verlangt aber die meiste Wärme.

4. Carya tomentosa Nuttal (richtiger Hicoria alba Britton.) Spottnuss. Blätter 25—50 cm lang, mit 7 lanzettlichen, unterseits weichwollig behaarten Blättchen. Knospen kurz und dick, filzig behaart. Diese Art erträgt auch strengen und feuchten Lehmboden.

5. Carya sulcata Nuttal (richtiger Hicoria acuminata Dippel.) Grossfrüchtige Hickory. Blätter 20—25 (50) cm lang, mit 7—9 Blättchen, von denen die 3 obersten die grössten sind. Knospen ähnlich wie bei alba, junge Triebe aber kahl. Diese Art verlangt den besten Boden und nahezu so viel Wärme wie porcina.

§ 74. Als einziger Vertreter der Myricaceen kommt Myrica Gale Linné, Gagelstrauch, auch Brabanter Myrthe genannt, ein kleiner (30 cm bis 1,25 m), gesellig wachsender, aromatisch duftender, zweihäusiger Strauch, mit kleinen, lanzettlichen, etwas gesägten, unterseits grauflaumigen Blättern und unscheinbaren, in kleinen, ährig angeordneten Kätzchen stehenden Blüten, in Norddeutschland von der niederrheinischen Ebene bis Ostpreussen und der Niederlausitz in Torfbrüchen und nicht selten auch als Unterholz in Kiefernwäldern vor.

C. Kapselfrüchtige Kätzchenträger.

§ 75. Weidenartige Laubhölzer (Familie Salicaceae.) Pflanzen diöcisch. Kätzchen auf der Spitze seitlicher Kurztriebe. Blüten einzeln, ohne Perigon, in den Achseln der Kätzchenschuppen. Früchte zweiklappig aufspringende Kapseln mit meist sehr vielen, mit grundständigem, als Flugorgan dienendem Haarkranz versehenen, sehr kleinen Samen.

Die Weiden. Salix (franz. Saule).

Kätzchenschuppen ganzrandig. Blüten mit 1—2 gelben, schuppenförmigen Honigdrüsen (reduzierter Discus) und gewöhnlich 2 (selten 3 oder 5) Staubgefässen. Bestäubung durch Insekten vermittelt. Laubblätter kurzgestielt, ungeteilt. Nebenblätter gewöhnlich klein und hinfällig, seltener ansehnlich und stehen bleibend. Winterknospen mit nur einer einzigen (aus zweien verwachsenen) hohlen Knospenschuppe. Langtriebe ohne Endknospe, in der Regel die ganze Vegetationsperiode weiter wachsend und an der Spitze im Herbste absterbend. Kätzchen stets aus den Seitenknospen vorjähriger Triebe entspringend, entweder sitzend oder kurz gestielt, mit nur einigen Niederblättern am Grunde und vor dem Laubausbruche blühend (frühblühende W.), oder am Ende eines mit einigen Laubblättern besetzten Kurztriebs und mit oder gleich nach dem Laubausbruch blühend (spätblühende W.). Wuchs meist strauchartig mit ruten-

förmigen Langtrieben. Bewurzelung meist weit ausstreichend und nicht tiefgehend und meist sehr anpassungsfähig an die Standortsverhältnisse. Stock- und Stammausschlag ausserordentlich reich und andauernd, eigentliche Wurzelbrut dagegen kommt nicht vor, nur an blossgelegten Wurzeln können aus den Ueberwallungswülsten verletzter Stellen Ausschläge entstehen. — Die Weiden bringen zwar alljährlich reichlich Samen, derselbe ist aber zum grössten Teile taub, behält seine Keimkraft nur ganz kurze Zeit, verträgt keine Bedeckung und die jungen Samenpflanzen wachsen in den ersten 3 Jahren sehr langsam. Die Weiden werden darum bei Anpflanzungen ausschliesslich aus Stecklingen (bezw. Setzstangen) erzogen, die sich, wie bei keiner andern Baumgattung, rasch und sicher bewurzeln. Am Grunde der Achselknospen, unter der Rinde, befinden sich nämlich stets Wurzelanlagen, die unter normalen Verhältnissen keine Gelegenheit zur Weiterentwickelung haben, an den Stecklingen aber zur Ausbildung gelangen und so die leichte Bewurzelung derselben ermöglichen.

Alle Weiden sind mehr oder weniger ausgesprochene Lichtpflanzen. Man kennt etwa 160, zum Teil ziemlich variable Arten[40]) und eine fortwährend wachsende grosse Zahl von keimfähige Samen erzeugenden Bastarden. Experimentell ist von Wichura festgestellt, dass nicht nur zwischen den verschiedenen Stammarten, sondern auch zwischen Bastarden und Stammarten und sogar zwischen zwei Bastarden nahezu unbegrenzte Bastardierung möglich ist (Doppel- und Tripelbastarde!). Von den zahlreichen (über 30) mitteleuropäischen Weiden sind hier nur die Baum- und Strauchweiden und die wichtigeren Kulturweiden aufgenommen, die Zwergweiden, denen keinerlei forstliche Bedeutung zukommt, dagegen nicht.

A. Bruchweiden. Meist Bäume. Kätzchen auf seitlichen beblätterten Kurztrieben endständig. Kätzchenschuppen einfarbig, gelbgrün, vor der Reife abfallend. Blätter stieldrüsig. Triebspitze walzenrund, mit 5strahligem, stumpf 5eckigem bis rundlichem Mark.

1. Salix alba Linné. Weissweide, Silberweide. Blätter meist 1—1,5 cm breit, 6—10 cm lang, lanzettlich, zugespitzt, klein gesägt, mit seidenglänzenden, der Mittelrippe parallel anliegenden Haaren, unterseits weiss oder grauweiss; Nebenblätter lanzettlich, hinfällig. Knospen stumpf, angedrückt, rötlichgelb. Junge Triebe ebenfalls seidig behaart; vorjährige kahl, meist olivenbraun oder scherbengelb (bei der var. vitellina, der Dotterweide, dottergelb oder lebhaft mennigrot). Die Rindenfarbe ist, wie vielfach bei den Weiden, sehr verschieden nach individuellen Eigentümlichkeiten und nach den Beleuchtungsverhältnissen, sie zeigt hier alle Uebergänge von grün bis leuchtendgelb und karminrot. Staubgefässe 2. Kapsel fast sitzend, kahl, Stielchen derselben kaum so lang als die kurze Drüsenschuppe. Der Wuchs der Silberweide ist ein sehr rascher; bei ungestörter Entwickelung bildet sie Bäume mit vielästiger, feinverzweigter Krone mit herabhängenden jüngeren Zweigen, erreicht bis 24 m Höhe, bis 1 m und darüber Durchmesser und wird 80—100 Jahre alt, gewöhnlich aber schon frühzeitig kernfaul und hohl. Die Borke älterer Bäume ist bräunlichgrau, vorwiegend längs- und tiefrissig, nicht abblätternd. Das Holz mit lebhaft hellrotem bis dunkelbraunem Kern und schmalem weissem Splint, ist, wie bei den meisten Weiden, leicht (ca. 0,45), sehr weich, sehr zähbiegsam, wenig elastisch und fest und nur von beschränkter Dauer und geringer Brennkraft; im Querschnitt ist es gleichmässig zerstreutporig, mit deut-

40) Zu einer gründlichen Kenntnis der Weiden ist ein Spezialstudium derselben erforderlich, da zu einer genauen Kenntnis der Art blühende männliche und weibliche Zweige, junge Fruchtzweige, sowie normale Zweige und Wasserreiser mit jungen und mit erwachsenen Blättern nötig sind.

lichen Jahrringgrenzen und von sehr feinen, mit blossem Auge meist nicht wahrnehmbaren Markstrahlen durchzogen.

Die Silberweide, die stattlichste aller Baumweiden, findet sich durch ganz Europa in Auwaldungen und Ufergehölzen, im Norden wahrscheinlich nur angepflanzt. Als Baum der feuchten Niederungen und Gebirgstäler liebt sie feuchte, zum mindesten frische, tiefgründige, lockere Böden, verträgt aber auch ein Uebermass von Feuchtigkeit — stauende Nässe ausgeschlossen — sehr gut und steigt im Gebirge nicht weit empor. Angepflanzt ist sie häufig als Kopfholz zur Gewinnung von Faschinen, die var. vitellina als Flechtweide. Als Parkbaum ist sie gleichfalls sehr beliebt und als grösserer Baum sehr malerisch.

2. Salix fragilis Linné. Bruchweide, Knackweide. Blätter meist 7—15 cm lang und bis $2^1/_2$ cm breit, der vorigen ähnlich, aber gewöhnlich in der unteren Hälfte am breitesten, lang zugespitzt, beiderseits glänzend grün, oder unterseits bläulich bereift, kahl, mit halbherzförmigen Nebenblättern. Zweige grünlichbraun bis gelblich, mit meist dunkleren Knospen, an ihrer Basis glasartig spröde und leicht mit knackendem Geräusch vom Mutteraste abbrechend. Staubgefässe 2. Stielchen der kahlen Kapsel 3—5 mal so lang als die Drüsenschuppe. — Die Bruchweide, in Mitteleuropa echt seltener als die Bastarde, welche sie mit der vorigen und den beiden folgenden gebildet hat, bewohnt, wie die Weissweide, ganz Europa, mit Ausnahme Skandinaviens, ist streng an die Flussläufe gebunden und macht sonst ähnliche Standortsansprüche wie die Weissweide, der sie an Raschwüchsigkeit etwas nachsteht. Höhe bis 10 und 15 m. Holz dem der Weissweide sehr ähnlich, aber brüchig und von sehr geringer Zähbiegsamkeit.

3. Salix pentandra Linné. Fünfmännige Weide, Lorbeerweide. Blätter derb, 5—10 cm lang, 2—3 cm breit und darüber, breit lanzettlich bis länglich eiförmig, kurz zugespitzt, fein und dichtgesägt, ganz kahl, oberseits stark glänzend, unterseits matt blassgrün. Nebenblätter eiförmig, gerade, meist fehlend, an ihrer Stelle grüne drüsige Knötchen. Blattstiele oberwärts vieldrüsig. Zweige und Knospen jung, gleich den Blättern, etwas klebrig, ausgewachsen glänzend grünlich oder rötlichbraun. Staubgefässe 5(—10), Stielchen der kahlen Kapsel doppelt so lang als die Drüsenschuppe. — Die Lorbeerweide ist eine nordeuropäische und -asiatische Holzart die südlich, im allgemeinen spärlich vorkommend und vielen Gegenden ganz fehlend, nur bis zu den Pyrenäen, dem Südfuss der Alpen und siebenbürgischen Karpathen reicht, am häufigsten in Ost- und Westpreussen und den baltischen Provinzen an Wasserläufen, dort bis 10 m Höhe erreichend, auftritt, aber als Strauch auch auf Torf- und Moorboden häufig ist.

B. Mandelweiden. Sträucher, selten Bäume. Kätzchen wie bei vorigen, Kätzchenschuppen gelblichgrün, bis zur Fruchtreife bleibend, Triebspitze tief gefurcht (im Querschnitt sternförmig, mit scharfeckigem 8strahligem Mark).

4. Salix amygdalina Linné (erweitert) (syn. S. triandra Linné.) Mandelweide. Blätter ziemlich derb, meist 5—8 cm lang und 1—2 cm breit, lanzettlich oder länglich, in der Mitte häufig parallelrandig, erst aus dem obersten Drittel oder Viertel zugespitzt, gesägt, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits grün oder blaugrün, kahl (oder anfangs seidenhaarig). Nebenblätter ziemlich gross, halbnierenförmig, lange bleibend. Zweige nebst den anliegenden Knospen braun und kahl. Staubgefässe 3. Stielchen der kahlen Kapsel 2—3 mal so lang als die Drüsenschuppe. Den Flussläufen, wie die vorigen folgend, im Gebirge indes höher emporsteigend, bewohnt die Mandelweide ganz Europa als Grossstrauch von 1—4 m Höhe, gedeiht aber als Kulturweide auf den Böden verschiedenster Art, hinreichenden

Wassergehalt vorausgesetzt, beschattet den Boden besser als die ersten 3 Arten und übertrifft auf Torfboden in der Massenproduktion alle anderen Korbweiden erheblich. Gegen Spätfröste ist die Mandelweide von allen Kulturweiden am empfindlichsten.

C. Schimmelweiden. Kätzchen seitlich sitzend, vor dem Laubausbruch erscheinend; Kätzchenschuppen in der oberen Hälfte rostfarben bis schwärzlich, bleibend. In beiderlei Blüten, wie bei den folgenden, nur eine Drüsenschuppe.

5. Salix daphnoides Villars. Reifweide, Schimmelweide, seidelbastblätterige Weide. Blätter 3—5 mal so lang als breit, lanzettlich, kurz zugespitzt, drüsig gesägt, anfangs nebst den jungen Trieben zottig, dann kahl, oben glänzend dunkelgrün, unten bläulichgrau, mit ober- und unterseits vortretendem, gelbem Mittelnerv. Nebenblätter halbherzförmig. 2—5jährige Zweige hechtblau bereift. Innere Rinde gelb. Kätzchen am frühzeitigsten hervorbrechend, anfangs durch die dichtbehaarten Deckschuppen glänzend silberweiss (Palmkätzchen). Staubgefässe 2. Kapsel kahl, sitzend. — Schöner, sehr raschwüchsiger Baum mit dicken Zweigen und glatter Rinde von 4—20 m Höhe. Durch Mittel- und Nordeuropa verbreitet, in Ungarn und Siebenbürgen fehlend, wächst diese schöne Weide am liebsten auf kalkhaltigem, sandigem Lehm an Ufern von Flüssen und Gebirgsbächen, besonders in der rheinischen, süddeutschen, der Alpen- und südlichen Karpathenzone, während sie in Mittel- und Norddeutschland nur vereinzelt auftritt. Auf kalkfreiem Boden sowie auf Moorboden gedeiht sie nicht. Sie ist auch ein beliebter Zierbaum.

6. Salix acutifolia Willdenow. Kaspische Weide (syn. pruinosa Wendland, häufig nur als Varietät der vorigen betrachtet), durch dünne Zweige und lanzettliche, lang zugespitzte Blätter, die nur 1—$1^1/_2$ cm breit und 6—7 mal so lang, beiderseits kahl und grün sind und durch spitz-lanzettliche Nebenblätter, welche fast so lang wie die Blattstiele sind, von der Reifweide verschieden. — Ansehnlicher 3—6 m hoher Grossstrauch oder 3—6 m hoher Baum von anfänglich raschem Wuchs. Ausschlagvermögen bei jährlichem Schnitt wenig ausdauernd und nur wenige, aber sehr lange, starke und astreine Ruten liefernd, hierin wesentlich hinter Korb- und Mandelweide zurückstehend. Heimisch vorzugsweise im östlichen Russland und südlichen Sibirien und in ihren Standortsansprüchen äusserst bescheiden, begnügt sich diese Weide, die ein ganz enormes Wurzelvermögen besitzt (bis 20 m weit ausstreichende Seitenwurzeln unter Umständen!) auch mit geringen Böden, insbesondere armem Sandboden, sandigen Höhenrücken und übertrifft auf solchen Standorten alle andern Kulturweiden.

D. Purpurweiden. Staubfäden bis zur Spitze oder bis zur Hälfte verwachsen; Staubbeutel rot, nach dem Verstäuben meist schwarz, sonst wie C.

7. Salix purpurea Linné. Purpurweide. Blätter häufig gegenständig, bis 12 mm breit, lanzettlich, im obersten Drittel am breitesten, zugespitzt, von der Mitte bis zur Spitze scharf klein gesägt, in der untern immer ganzrandig, oberseits dunkelgrün, matt glänzend, unterseits graugrün, erwachsen ganz kahl; Nebenblätter fast stets fehlend. Zweige glänzend, gelblichgrau, mit glänzend roten Knospen. Staubgefässe 2. Kätzchen fast sitzend, vor dem Laubausbruch blühend, mit mehreren kleinen Laubblättchen am Grunde. Kätzchenschuppen an der Spitze schwarzrot. — Der anfangs rasche Höhenwuchs lässt bald nach und die Purpurweide bildet 1—6 m hohe Sträucher, im besten Falle bis 10 m hohe Bäume mit schlankem Stamm mit glatter grauer Rinde und besenförmiger Krone. Ihr Verbreitungsgebiet geht durch Süd- und Mitteleuropa bis zum südlichen Schweden, in den Niederungen ist sie häufiger als im Gebirge und besonders im Kies und Sand der Flussufer bildet sie oft ganze Bestände, besonders in Oberbayern und Oesterreich am Unterlauf der

in die Donau mündenden Alpenflüsse. Vielfach als Flecht- und Faschinenweide, sowie als Ziergehölz angepflanzt, gedeiht sie am besten auf humusreichen Sandböden, aber auch sehr gut auf moorigem Boden und kommt auch noch auf trockenem Boden fort.

E. Korbweiden. Staubfäden frei. Staubbeutel nach dem Verstäuben gelb. Innere Rinde grünlich, sonst wie vor.

8. Salix viminalis Linné. Korbweide, Bandweide, Hanfweide. Blätter schmal bis lineal lanzettlich, ca. 10 mal so lang, wie breit, zugespitzt, fast ganzrandig oder seicht ausgebuchtet, am Rande etwas zurückgerollt, oberseits trüb grün, unterseits dünn graufilzig silberglänzend. Junge Zweige, wie die Knospen sammetartig graufilzig, zäh, dichtbeblättert. Nebenblätter lineal-lanzettlich, bald abfallend. Kätzchen fast sitzend, dick, mit einigen kleinen Laubblättern am Grunde; Kätzchenschuppen zottig behaart, in der oberen Hälfte schwarzbraun. Staubgefässe 2, langgestielt. Kapsel sitzend, filzig, mit langem Griffel und fadenförmigen Narben. — Die Korbweide ist eine echte Niederungsholzart, fehlt in ganz Mitteleuropa wohl kaum einer von Wasserläufen durchzogenen Ebene, ist in Norddeutschland besonders häufig, in Süddeutschland namentlich im bayrischen und niederösterreichischen Donautal verbreitet und steigt im Gebirge nur bis ca. 400 m empor. Sie liebt tiefgründigen aufgeschwemmten Sand- oder Schlammboden und kommt spontan nur an solchen Standorten vor, meist strauchartig, 2—4 m Höhe erreichend, selten baumartig bis 10 m. In der Massenerzeugung allen andern überlegen, ist sie die verbreitetste Kulturweide, die auch auf andern als ihren natürlichen Standorten, z. B. frischen humosen Sandböden trefflich gedeiht und selbst auf armen Sandböden verhältnismässig grosse Erträge liefert, während ihr Torfboden nicht zusagt.

F. Graue Weiden. Staubfäden 2, zur Hälfte verwachsen. Staubbeutel gelb. Kätzchenschuppen einfarbig (oder bei den männlichen Blüten an der Spitze der Schuppen rostfarbig.)

9. Salix incana Schrank. Weissgraue Weide (syn. S. Elaeagnos Scopoli). Blätter dicht stehend, schmal lineallanzettlich, lang zugespitzt, ganzrandig oder sehr fein gezähnt, mit mehr oder weniger ungerolltem Rande, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits dicht weissgrau, spinnewebig-filzig, glanzlos. Nebenblätter stets fehlend. Junge Triebe filzig. Stielchen der kahlen Kapsel doppelt so lang als die Drüsenschuppe. Kätzchen mit den Blättern erscheinend, meist abwärts gekrümmt, mit einigen kleinen Laubblättern am Grunde. — Die graue Weide ist eine südeuropäische Holzart, bildet gleich der Purpurweide grosse Sträucher oder kleine Bäume und findet sich in Mitteleuropa am Oberrhein und vornehmlich längs der Donau und ihren rechtsseitigen Nebenflüssen mit purpurea bestandbildend, in den österreichischen Alpenländern bis 1300 m als Begleiterin der Flussläufe emporsteigend; als Kulturweide kommt sie nicht in Betracht.

G. Saalweiden. Hohe Bäume und Sträucher mit ei- oder verkehrt eiförmigen, unterseits graufilzigen Blättern. Kätzchen seitlich, anfangs sitzend, später gestielt; Kätzchenschuppen an der Spitze gefärbt. Kapseln langgestielt, behaart. Staubgefässe 2.

10. Salix caprea Linné. Saalweide, Palmweide. Blätter breit elliptisch, mit kurzer zurückgebogener Spitze, ca. 5—10 cm lang und 3—5 cm breit, oberseits jung flaumig, später dunkelgrün, beinahe kahl, unterseits bläulich graufilzig und sammetartig anzufühlen, mit ziemlich stark vortretender gelblicher Nervatur. Nebenblätter halbnierenförmig, bald abfallend. Junge Zweige dick, flaumig, bald erkahlend und im Frühjahr glänzend braunrot. Kätzchen, wie bei den folgenden mit 4—7 Schuppenblättchen am Grunde, gross, nächst daphnoides am frühzeitigsten. — Die Saalweide ist über ganz Europa verbreitet, und in Mitteleuropa

die häufigste Waldweide, in Jungwüchsen, an Waldrändern und auf Lichtungen, besonders in der Ebene und im Hügelland, aber auch im Gebirge ziemlich hoch emporsteigend und auf den verschiedenartigsten Bodenarten bei sehr bescheidenen Standortsansprüchen gedeihend. In der Jugend sehr raschwüchsig, ist sie in 20—25 Jahren ausgewachsen und bildet bei ungestörter Entwickelung bis 7 m hohe Bäume mit besenförmiger, ziemlich dichtbelaubter Krone und glatter, grüngrauer, feinrissiger Rinde, die in höherem Alter hellgraue, breit aufreissende Borke bildet. Lebensdauer ca. 60 Jahre. Das Holz mit rötlichweissem Splint und schön hellrotem Kern, ist von allen Weidenhölzern am heizkräftigsten.

11. Salix cinerea Linné. Grauweide, Aschweide (syn. acuminata Miller), von der vorstehenden hauptsächlich durch schmälere, oberseits bleibend kurzhaarige, mattgrüne, 5—8 cm lange und 2—3 cm breite Blätter, dicke, noch im 2. Winter dicht sammetfilzige Zweige, halbnierenförmige, an kräftigen Langtrieben ziemlich grosse und lange bleibende Nebenblätter unterschieden, bewohnt, mehr auf die Ebenen beschränkt, ebenfalls fast ganz Europa, liebt feuchten bis nassen Boden und kommt, immer strauchförmig bleibend, als 2—6 m hoher sperriger Grossstrauch an Waldrändern, als Lückenbüsser im Niederwald, auf Wiesen, namentlich aber in den Sümpfen und sumpfigen Flussufern der norddeutschen Ebene und der ungarischen Steppe vor.

12. Salix aurita Linné. Ohrweide, Salbeiweide, ist charakterisiert durch ihre kleinen, nur 2—4 cm langen und 1—2 cm breiten Blätter, die oberseits mattgrün und durch das vertiefte Adernetz auffallend runzelig, unterseits etwas bläulichgrün und dünnfilzig sind, mit stark ausgeprägtem Adernetz. Nebenblätter halbherz- oder halbnierenförmig, lange bleibend, an üppigen Langtrieben gross, blattartig gezähnt. Zweige zahlreich, dünn, jung grauflaumig, bis zum Winter fast völlig kahl, rotbraun, etwas glänzend. — Mit Vorliebe auf feuchtem und sumpfigem Moorboden wachsend, im Gebirge hoch emporsteigend, ist dieser im Walde auf geeignetem Boden, namentlich in Jungwüchsen, häufige Strauch von sperrigem, 1½ m Höhe selten überschreitendem Wuchs über den grössten Teil Europas verbreitet.

13. Salix grandifolia Seringe. Grossblätterige Weide (syn. appendiculata Villars.) Diese fast ausschliesslich in den Alpenländern heimische Strauchweide (bis 2½ m Höhe), ist an ihrer oberen Grenze (bis 1900 m) die Begleiterin des Knieholzes und der Grünerle, in der tieferen Region eine echte Uferweide. Sie hat grosse, bis 15 cm lange und bis 5 cm breite Blätter, welche in der oberen Hälfte am breitesten sind, oberseits dunkelgrün, kahl; unterseits graugrün, spärlich behaart, mit sehr stark vortretendem, reichmaschigem, gelblichem Adernetz. Nebenblätter gross, halbherz- bis halbpfeilförmig, fast immer vorhanden. Kätzchen, wie bei der folgenden mit nur 2—3 Schuppenblättern am Grunde.

14. Salix silesiaca Willdenow, die schlesische Weide, ein mittelgrosser Strauch mit brüchigen Zweigen, vertritt in den Sudeten und Karpathen in Wäldern und insbesondere an Bächen die grossblätterige Weide der Alpen. Ihre Blätter, höchstens 9 cm lang, sind breit oder verkehrt eiförmig zugespitzt, und beiderseits fast gleichfarbig. Nebenblätter wie bei voriger.

H. Schwarz werdende Weiden. Blätter ziemlich breit, nach dem Trocknen schwarz werdend.

15. Salix nigricans Smith, Schwarzweide. Diese äusserst formenreiche Weide ist über ganz Europa, in der Ebene wie im Gebirg, inselartig verbreitet,

fehlt vielen Gegenden gänzlich (z. B. nordwestliches Deutschland, Schwarzwald und Vogesen), während sie in anderen häufig ist (Ostpreussen, nördliche Karpathenländer und Alpen, wo sie als Begleiterin der Flüsse in die Moore des Vorlands hinabsteigt.) Blätter breitherzförmig bis lanzettlich, wellenförmig gesägt, oberseits meist kahl, dunkelgrün mit eingesenkter Nervatur, unterseits kahl mit nicht vortretender Nervatur, blaugrün mit grüner Spitze, die jüngeren nebst den Zweigen kurz weichhaarig. Wuchs meist strauchig, 1/2—2 m, selten (nur grossblätterige Formen) baumartig. Ruten ziemlich zahlreich, dünn, sehr lang und sehr zäh.

Von den zahllosen Weidenbastarden kommen die häufigen Mischformen von Weiss- und Bruchweide, sowie die Bastarde von Weiss- und Mandelweide, von Bruch- und Lorbeerweide, von Bruch- und Mandelweide, sowie die Bastarde der Salweide und andere als Kulturweiden nicht in Betracht, während diejenigen der Korb- und Mandelweide, sowie der Korb- und Purpurweide zum Teil kultiviert werden, insbesondere gehört nach Hempel und Wilhelm die raschwüchsige und ausdauernde Bastardweide Salix rubra Hudson (purpurea × viminalis) zu den Kulturweiden ersten Ranges, von allen Weidenarten durch die gleichmässigsten Ruten ausgezeichnet, die ausserdem sehr lang, aber dünner als bei der Korbweide, so schlank wie bei der Purpurweide, zähbiegsam, fest, dünnrindig und leicht schälbar sind.

Die Pappeln (Populus), (franz. Peuplier).

§ 76. Kätzchenschuppen handförmig gezähnt oder zerschlitzt. Blüte in einem becherförmigen grünen Discus ohne Honigabsonderung stehend. Windblütler. Staubgefässe zahlreich (4—30). Blätter langgestielt, mitunter gelappt. Knospen mit mehreren Knospenschuppen; Endknospe vorhanden, meist grösser. Mark 5strahlig. — Ca. 18 Arten.

A. Aspen (Sektion Leuce Duby.) Junge Triebe und Blätter behaart, letztere unterseits oft bleibend filzig. Kätzchen frühzeitig, mit langhaarig gewimperten Deckschuppen der Blüten. Männliche Blüten mit 4—8 (15) Staubgefässen. Narbenäste meist kurz fadenförmig. Knospen mit mindestens 6 Schuppen. Rinde ziemlich lange glatt bleibend. Langtriebe schlank, rutenförmig, rund.

1. Populus tremula Linné. Zitterpappel, Aspe, Espe. Knospen klein, spitz, glänzend kastanienbraun, mehr oder weniger klebrig. Blätter jung rötlich und etwas behaart, bald kahl, oberseits dunkelgrün, unterseits hellgraugrün mit stark vortretendem Adernetz, zweigestaltig, an den kurzen Seitentrieben kreisrund bis eirundlich, unregelmässig grob und ausgeschweift stumpf gezähnt, ca. 3—7 cm lang und 3—8 cm breit, bei jungen Pflanzen stets grösser als bei älteren, mit 3—6 cm langem, dünnem, seitlich zusammengedrücktem Blattstiel, an Gipfel-, Johannis- und Wurzeltrieben rhombisch bis herzeiförmig, zugespitzt, klein gesägt, kurz gestielt, meist bleibend filzig, an kräftigen Lohden bis 19 cm lang und 13 cm breit. Kätzchen gross und dick, hängend, mit karminroten Staubbeuteln bezw. Narben. — Die Aspe wird mit ca. 20—25 Jahren mannbar, an Stockausschlägen noch früher und blüht je nach Klima und Lage im März oder April einige Wochen vor dem Laubausbruch. Samenreife im Mai oder Juni; Abfall gleich nach der Reife, sobald die Kapseln aufgesprungen sind. Samenjahre fast alljährlich. Same sehr klein, gelblich, mit weisswolligem Haarschopf am Grunde, durch den Wind überallhin verbreitet. Keimfähigkeit gering. Die Keimung erfolgt in 8—10 Tagen

nach dem Abfall mit zwei sehr kleinen, fleischigen, herzeiförmigen Cotyledonen. Die Samen verlieren ihre Keimfähigkeit sehr schnell. — Im 1. Jahr ist der Höhenwuchs gering, steigt dann sehr rasch an, bis über 1 m pro Jahr betragend, erreicht mit dem 30.—40. Jahre seinen Gipfelpunkt und nach etwa zwei weiteren Jahrzehnten seinen Abschluss. In dieser Zeit kann die Aspe im Südwesten Mitteleuropas 10—20 m hohe und $^1/_2$ m starke, im Nord- und Südost dagegen bis 35 m hohe und 1 m starke Stämme bilden. Das Alter überschreitet bei aus Samen erwachsenen Pflanzen selten 100 Jahre, bei den aus Wurzelbrut hervorgegangenen ist die Lebensdauer noch viel kürzer. Der Stamm reinigt sich auch im Freistand bis hoch hinauf von Aesten. Die lichte Krone entwickelt frühzeitig zahlreiche Kurztriebe, an welchen die ungemein beweglichen Blätter gebüschelt sitzen. Die gelblichgraue Rinde bleibt lange glatt, reisst dann in der für alle Pappeln charakteristischen Weise mit rhombischen Pusteln auf, die sich vergrössern und seitlich zusammenfliessen und schliesslich eine längsrissige graue Borke bilden. Das Holz ist von allen weidenartigen Laubhölzern durch den Mangel eines gefärbten Kernes ausgezeichnet, ist schmutzigweiss, von gleichmässiger Struktur, langfaserig, ziemlich glänzend, leicht (ca. 0,51), sehr weich, leicht- und schönspaltig, mittelbiegsam, wenig fest, trocken ziemlich dauerhaft, im Freien von geringer Dauer, mässig schwindend (0,5%) und von sehr geringer Brennkraft (0,58—0,62). Es gehört wie das aller Pappeln zu den zerstreutporigen Weichhölzern, deren Markstrahlen mit unbewaffnetem Auge nicht oder kaum zu erkennen sind. Die Bewurzelung ist flach und weit ausstreichend, das Ausschlagvermögen vom Stock aus gering, dagegen die Fähigkeit, Wurzelbrut zu treiben, die übrigens allen Pappeln zukommt, hier besonders gross und andauernd. Künstliche Anpflanzung fast nur durch Wurzelschösslinge, weil Stecklinge fast immer versagen. — Das Verbreitungsgebiet der Aspe, die von allen Pappeln noch am meisten den Charakter eines eigentlichen Waldbaumes besitzt, umfasst beinahe ganz Europa mit Ausnahme des äussersten Südens und Nordens (bis 71°) — sie geht im allg. so weit wie die gemeine Birke —, Nordafrika, die Kaukasusländer, Sibirien und Japan. Ihre vollkommenste Entwickelung erreicht sie als Baum der Ebene im östlichen und nordöstlichen Europa (Galizien, Posen, Ostseeländer, Russland), wo sie teils rein, teils in Mischung mit Erlen und Birken geschlossene Bestände von grosser Schönheit und dichtem Schluss bildet. In den deutschen Mittelgebirgen, den Alpen, sowie in Süd- und Westeuropa steigt sie ziemlich hoch im Gebirge empor. — Die Aspe ist, namentlich auf geringen Böden, eine ausgesprochene Lichtholzart, in ihren Standortsansprüchen bescheiden und sehr anpassungsfähig, verlangt aber zu vollkommenem Gedeihen kräftigen Waldboden und mässig warmes, luftfeuchtes Klima; heisse trockene Sandböden sowie schwere Ton- und Moorböden sagen ihr nicht zu.

2. Populus alba Linné. Silberpappel. Knospen spitz, dicker wie bei voriger, wie die jungen Triebe nicht klebrig, anfangs weissfilzig, später ziemlich kahl und braun. Blätter an den Kurztrieben und im unteren Teil der Langtriebe ca. 4—7 cm lang und 3—4 cm breit, eiförmig, unregelmässig stumpf gezähnt, oberseits dunkelgrün, unterseits weisslich, an der Spitze der Langtriebe bis über 10 cm lang und breit, handförmig gelappt, unterseits undurchsichtig weissfilzig. Narben der weiblichen Blüten gelblichgrün. Sonst ähnlich wie vorige. Die Silberpappel wird noch früher mannbar als die Aspe, ist schon im 1. Jahre raschwüchsiger (10—20 (50) cm) und kann schon mit 30—40 Jahren, in welchem Alter der Höhenwuchs im wesentlichen abgeschlossen ist, bis 30 m hohe und bis 1 m starke Bäume mit anfangs eikegelförmiger, später breiter, oft gelappter, lockerästiger, dichtbelaubter Krone mit zahlreichen Kurztrieben bilden. Trotz

dieser Raschwüchsigkeit kann die Silberpappel 300—400 Jahre alt und ausserordentlich stark werden (über 4½ m Durchmesser!). Die geschlossene Rinde ist mehr weissgrau, das Holz hat einen zuerst gelben, dann braunen Kern und breiten Splint, in seinen technischen Eigenschaften dem Aspenholz ähnlich, aber etwas gröber. Bewurzelung ähnlich wie bei der Aspe, weit ausstreichend, aber gleichzeitig auch in die Tiefe entwickelt. Reproduktionsvermögen und Vermehrung wie bei der Aspe. Das natürliche Verbreitungsgebiet der Silberpappel umfasst die südliche Hälfte Europas und den Orient. In Mitteleuropa meist an die Flussläufe gebunden, ist sie am häufigsten und zugleich am schönsten entwickelt auf den Auen der Donauländer, einen hervorragenden Bestandteil der dortigen Auenwälder bildend; auch am Oberrhein ist sie nicht selten, sonst in Mittel- und Norddeutschland und weiter nach Norden durch Anbau verbreitet und auf passenden Standorten bis zum 67° in Norwegen gedeihend. Im Gebirge steigt sie nicht weit empor. Die Standortsansprüche sind grösser als bei der Aspe, ein feuchter, tiefgründiger, lockerer und fruchtbarer Boden (Auenboden) sagt ihr am meisten zu, selbst auf bruchigem Boden kommt sie noch fort, falls derselbe genügend Sand enthält, dagegen verkrüppelt sie auf zu mageren oder trockenen Böden.

3. Populus canescens Smith. Graupappel, ziemlich allgemein als ein Bastard alba × tremula betrachtet, obwohl sie immer keimfähigen Samen hervorbringt. Findet sich vereinzelt im natürlichen Verbreitungsgebiet der Silberpappel, besonders der badischen und elsässer Rheinfläche und in den Donauländern und stellt dieselben Ansprüche an Boden und Klima wie die Silberpappel. Die Blätter gleichen denen der Kurztriebe der Silberpappel, tragen aber, erwachsen, nur auf der Unterseite einen dünnen Haarfilz. Mit 40 Jahren pflegt der Höhenwuchs (bis ca. 20 m) erschöpft zu sein und schon mit 80—100 Jahren werden die bis 50 cm Stärke erreichenden Stämme kernfaul. Im Niederwaldbetrieb schlägt sie gut vom Stock aus und liefert auch Wurzelbrut.

B. Schwarzpappeln (Sektion Aigeiros). Knospen gross, mit bloss zwei grossen, zusammengerollten Schuppen, nebst den jungen Zweigen immer kahl und klebrig. Blattstiele seitlich zusammengedrückt, Blätter kahl, unterseits grün, mit durchscheinendem Rand. Kätzchen frühzeitig, mit kahlen Deckschuppen. Männliche Blüten meist mehr als 15 Staubgefässe. Narben deutlich gestielt, meist breit gelappt. Langtriebe rutenförmig, aber dicker, knotiger, kantig.

4. Populus nigra L. Schwarzpappel. Blätter rundlich dreieckig oder rhombisch, am Grunde fast stets keilförmig, nach oben lang zugespitzt, am Rande knorpelig gesägt, meist 5—7 cm lang und 3—6 cm breit, an kräftigen Stock- und Stammlohden oft 13—16 cm lang, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits mattgrün, mit beiderseits scharf vortretenden gelblichen Rippen. Junge Zweige fahlgelb. Männliche Kätzchen dickwalzig, mit roten Staubbeuteln, weibliche schlanker, mit zwei gelben, tief ausgerandeten, aufgerichteten Narben auf jedem Fruchtknoten. Blütezeit im März oder April. Belaubung im April oder Mai. Samenreife im Juni. — Die Schwarzpappel wächst rasch, aber doch etwas langsamer als die anderen Pappelarten und bildet auf guten Standorten in 40—50 Jahren geradstämmige, 20—25 m hohe Bäume mit umfangreicher, im Alter breit abgewölbter, lockerer Krone mit starken, oft gerade abstehenden Aesten und sehr beweglichem Laube. Auch diese Pappel erreicht trotz ihrer Raschwüchsigkeit ein mehrhundertjähriges Alter, 27—30 m Höhe und über 2 m Durchmesser. Die Bewurzelung ist vorwiegend seicht und weit ausgreifend, doch bildet sie häufig auch einige tief in den Boden dringende Wurzeln.

Der Stamm zeigt Neigung zur Bildung von „Maserkröpfen“, aus denen, wie aus dem Stock, sehr reichlicher Ausschlag erfolgt, während die Neigung zur Wurzelbrutbildung verhältnismässig gering ist. Vermehrung am besten durch Stecklinge (und Setzstangen). Das im Kern hellbräunliche Holz ist ziemlich grob, sehr leicht (0,45) und stimmt in seinen Eigenschaften mit dem der Silberpappel im wesentlichen überein. Die grauweisse Rinde bildet am Stamm und den stärkeren Aesten frühzeitig eine hochhinaufreichende dicke, tieflängsrissige, bräunliche oder schwärzliche Borke. — Das Verbreitungsgebiet umfasst beinahe ganz Europa (bis zum 61°), doch dürfte der Baum wahrscheinlich nur in der südlichen Hälfte einheimisch sein. In den mitteleuropäischen Gebirgen geht sie nicht hoch empor. Meist ausserhalb des Waldes vorkommend, ist sie doch nach der Aspe die häufigste Pappelart im Walde und ist am schönsten längs der Wasserläufe, in der Ebene, in Ufergehölzen und Auwäldern entwickelt, oft in Gesellschaft der Silberpappel, aber weniger wie diese an solche Standorte gebunden, da sie als anspruchslose, der Aspe nahekommende Holzart sich jedem Boden und Klima anpasst.

5. Populus pyramidalis Rozier, die Pyramidenpappel oder italienische Pappel, ist wahrscheinlich nur eine Varietät der Schwarzpappel, von welcher sie sich durch die in sehr spitzem Winkel aufstrebenden zahlreichen Aeste und den dadurch bedingten schlank pyramidalen Wuchs, im allgemeinen etwas kleinere, breitere und weniger zugespitzte Blätter und den mit sehr starken, rippen- und selbst brettartig vorspringenden Wurzelanläufen versehenen, spannrückigen, abholzigen, stets etwas nach links gedrehten Stamm, sowie durch um 8—14 Tage frühere Blütezeit und Belaubung unterscheidet. Die weiblichen, ausserordentlich viel selteneren Bäume zeigen eine etwas breitere Krone und unter etwas grösserem Winkel ablaufende Aeste als die männlichen. Die Pyramidenpappel ist der Schwarzpappel, mit der sie sonst in allen wesentlichen Eigenschaften übereinstimmt, im Höhenwuchs noch etwas überlegen (bis 33 m), wird aber nicht so stark und verträgt etwas weniger Bodenfeuchtigkeit. — Angeblich wild im Himalaya, vielleicht auch in der Krim und in Italien, in Deutschland etwa seit 1740 angepflanzt. Früher beliebter Alleebaum, wegen der Aussaugung der angrenzenden Felder neuerdings vielfach beseitigt.

6. Populus monilifera Aiton (syn. P. canadensis Moench), die kanadische Pappel, Rosenkranzpappel, im östlichen Amerika als Begleiterin der Flüsse heimisch und dort mitunter bis 50 m Höhe erreichend, ist durch ungewöhnliche Raschwüchsigkeit ausgezeichnet und schon lange als Park- und Alleebaum in Europa eingeführt. Sie steht der Schwarzpappel nahe, unterscheidet sich aber von ihr durch grössere, an der Spitze häufig stark nach aussen gebogene braune Knospen, durch grössere, in der Form sehr variierende Blätter (6—12 cm lang, 5 bis 10 cm breit), welche meist fast dreieckig, an der Basis gerade abgeschnitten und am Rande zuweilen anliegend behaart sind, sowie durch die von Korkrippen etwas kantigen Langtriebe und die in der Zahl 3—4 vorhandenen, zurückgerollten Narben. Die Rinde bildet frühzeitig eine etwas regelmässiger längsfurchige graue Borke. Der Stamm ist gleichmässiger und vollkommener gerundet, das Holz mit hell- oder graubraunem Kern ist äusserst leichtspaltig und stimmt sonst mit dem Schwarzpappelholz überein. Sie erreicht bei uns nach Hartig in 12 Jahren auf gutem Boden 14—16 m Höhe, in 40 Jahren bis 22 m, nach Hausrath auf Auwaldboden bei Karlsruhe in 31 Jahren gar 31 m und 54 cm Durchmesser bei sehr geradem, hoch hinauf astreinem Stamm, gedeiht am besten auf frischem bis feuchtem, fruchtbarem Boden, kommt aber mit entsprechend geringeren Leistungen auch auf ärmeren und trockeneren Standorten fort. Seit 1772 in Europa eingeführt und nicht selten, namentlich in neuerer Zeit, forstlich angebaut.

7. Populus angulata Aiton. Kantigzweigige Pappel, aus den mittleren und südlichen Vereinigten Staaten, mit kräftigen, durch starke Korkrippen kantigen Langtrieben und ähnlichen bis 13 cm langen Blättern wie vorige, ist bei uns ab und zu als Zierbaum angepflanzt. Köhne stellt hierher die von Hartig als Art bezeichnete

8. Populus serotina Hartig. Späte Pappel, die aber auch zur Rosenkranzpappel gezogen wird und durch fadenförmig zerschlitzte Kätzchenschuppen und späteren Laubausbruch als alle anderen Pappeln ausgezeichnet ist. Die Blätter sind etwas kleiner als bei voriger, mit abgestutzter Basis. Ebenfalls sehr raschwüchsig, bei uns früher hauptsächlich nur in Braunschweig angepflanzt, ist sie neuerdings für forstlichen Anbau wieder empfohlen worden.

C. Balsampappeln (Sektion Tacamahaca). Knospen, junge Triebe und Blätter sehr klebrig und kahl. Blattstiele rund, oberseits gefurcht. Blätter bis 15 cm gross, ohne durchscheinenden Rand, unterseits weisslich. Langtriebe kantig, stark, sehr knotig, von geringer Länge, aus den meisten Seitenknospen bloss Kurztriebe entwickelnd, daher sperrige Krone.

Folgende 3 Arten sind bei uns als stattliche Zierbäume angepflanzt:

9. Populus candicans Aiton. Ontariopappel. Blätter von der Form des Lindenblatts, herzförmig-dreieckig oder herzeiförmig, fast so breit wie lang. — Aus Canada und den nördlichen Staaten der Union.

10. Populus laurifolia Ledebour. Lorbeerpappel. Blätter viel länger als breit, aus abgerundetem oder selbst seichtherzförmigem Grunde breit eilänglich bis lanzettlich, allmählich verschmälert oder etwas zugespitzt. Junge Langtriebe gelblichgrau, scharf gerippt oder geflügelt kantig. — Aus dem südlichen Sibirien.

11. Populus balsamifera Linné. Balsampappel. Blätter länger als breit, eiförmig, zugespitzt. Junge Langtriebe glänzend braunrot, rund oder schwach kantig. Aus dem östlichen Nordamerika.

2. Kätzchenlose Laubhölzer.

§ 77. Ulmenartige Laubhölzer (Familie Ulmaceae.) Blüten eingeschlechtig oder zwitterig, mit 4—8spaltigem, kelchartigem, glockenförmigem Perigon und ebensoviel Staubgefässen wie Perigonzipfel, in cymösen Knäueln oder einzeln in den Achseln von Laubblättern. Fruchtknoten einfächerig (mit dem Rudiment eines zweiten Faches), mit einer Samenknospe. Windblütler. Holzpflanzen mit abfallenden zungenförmigen Nebenblättern. Ca. 130 Arten.

Ulme. Ulmus (franz. Orme).

Blüten in von Knospenschuppen umgebenen Knäueln in den Achseln vorjähriger Blätter, vornehmlich im unteren und mittleren Teil der Triebe, lange vor dem Laubausbruch aufblühend. Frucht ein ringsum häutig geflügeltes Nüsschen. Blätter vom Grund an fiedernervig, ungleich, die der Zweigspitze zugekehrte Hälfte grösser, streng 2zeilig angeordnet. Endkospe fehlt; Seitenknospen schief über scharf vortretenden, 3 derbe Gefässbündelspuren tragenden Blattnarben. Blütenknospen dick kugelig.

1. Ulmus campestris Spach (syn. U. glabra Miller.) Feldulme, Gemeine Ulme, Rotulme, Rusche. (Laub)knospen klein, spitzeiförmig, mit dunkelbraunen Schuppen, kahl, oder kurz weisslich behaart. Junge Zweige dünn, glänzend rostgelb bis rotbraun, glatt. Blätter lanzettlich bis

breit herzförmig, gespitzt, mit sehr ungleichem Grunde, ca. 6—10 cm lang, in Form und Grösse sehr variabel, an Kurztrieben stets kleiner wie an Langtrieben, meist länger gestielt, ausgewachsen sehr derb, oft fast lederartig, oberseits dunkelgrün, meist lebhaft glänzend, unterseits matt hellgrün, mit dem grössten Durchmesser in der Mitte, meist kahl, seltener, bei Strauchformen in der Regel, kurz rauhaarig, meist nur unterseits in den Nervenwinkeln gebartet, einfach bis doppelt gekerbt-gesägt. Blüten sehr kurz gestielt; Staubgefässe meist 4—5, 2—3 mal so lang als das Perigon, mit karminroten Staubbeuteln. Frucht meist verkehrt eiförmig, 1—2½ cm lang, Nüsschen rötlich, meist dem Vorderrand des kahlrandigen Flügels genähert und bis zum Rande der Einkerbung reichend. — Die Mannbarkeit tritt auch im Freistand nicht leicht vor dem 30.—40. Jahre ein, reichliche Samenjahre meist jedes 2. Jahr. Blütezeit März oder April. Samenreife Ende Mai, oder im Juni. Keimfähigkeit gewöhnlich nur 20—40%, bis zum nächsten Frühjahr haben die meisten Samen ihre Keimkraft eingebüsst und die Keimung erfolgt dann spät oder die Samen liegen über; gleich nach der Reife gesät keimen die Samen in 3—4 Wochen, mit zwei dicken fleischigen, verkehrt-eiförmigen, am Grunde pfeilförmigen kleinen Keimblättchen (denen von Carpinus ähnlich), das erste Laubblattpaar ist gegenständig, grob gesägt, noch nicht unsymmetrisch. Im 1. Jahr wird das Pflänzchen 20 cm und darüber hoch. Der Jugendwuchs ist rasch, dem der Eiche ähnlich, in den ersten 5 Jahren durchschnittlich je 30—50 cm. Der grösste Höhen- und Stärkewuchs liegt zwischen dem 20. und 40. Jahre. Im 50.—60. Jahre ist der Höhenwuchs im wesentlichen erschöpft und die Krone wölbt sich ab. Im Schlusse kann der geradschaftige Baum bis 30 und 33 m Höhe und beträchtliche Stärke erreichen, im Freistand löst er sich 6—8 m und weniger über dem Boden in eine sehr breite, reichastige, locker belaubte Krone auf, deren ältere Langtriebe auffällig 2zeilig verzweigt und flach ausgebreitet sind. Das Alter kann mehrere Jahrhunderte betragen. Die älteste deutsche Ulme dürfte die „Schimsheimer Effe" in der Rheinpfalz sein, die in Brusthöhe 11 m 73 Umfang besitzt und deren Alter auf 450—600 Jahre geschätzt wird. In der Jugend hat der Baum eine tiefgehende Pfahlwurzel, die aber namentlich auf Aueboden bald verschwindet, so dass vom 6.—10. Jahre von einem starken Wurzelstock einige kräftige „Herzwurzeln" in die Tiefe gehen und zahlreiche Seitenwurzeln flach unter der Erdoberfläche streichen. Das Ausschlagvermögen aus dem Stock wie aus dem Stamm ist sehr bedeutend und ebenso die Neigung zur Bildung von Wurzelbrut, durch welche sie sich in Auewaldungen vornehmlich erhält. Die an dickwandigen Bastfaserbündeln reiche Rinde, anfänglich glatt und bräunlichgrau, reisst im Stangenholzalter auf und bildet eine, später in auffällig rechteckige Stücke zerklüftete, an alten Bäumen vorwiegend tief längsrissige, dunkelgraubraune, der Stieleiche ähnliche Borke. Bei der Var. suberosa bildet die Rinde an einzelnen Zweigen und schwächeren Aesten leistenförmige Korkflügel, die nach einigen Jahren abgestossen werden. Das ringporige Holz besitzt einen lebhaft chocoladebraunen Kern und gelblichen schmalen Splint und lässt auf dem Querschnitt die Markstrahlen mit blossem Auge nicht erkennen, dagegen verlaufen im Spätholz zahlreiche feine, unterbrochene Wellenlinien, welche aus einfachen Reihen enger Gefässe bestehen. Die Hauptmasse des Holzes besteht aus dickwandigen Holzfasern. Das sehr wertvolle Holz ist grobfaserig, elastisch, zähbiegsam, sehr fest, schwer (0,74), sehr zähe, sehr schwerspaltig, ziemlich hart, von ausserordentlicher Dauer und sehr brennkräftig (0,80 bis 0,90).

Das Verbreitungsgebiet der Feldulme umfasst in Europa, wo ihr Optimum südlich den Alpen liegt, die milderen Gegenden bis zum südlichen Schweden und Nor-

wegen. Sie ist ein Baum der Ebene und Flusstäler, wo sie eingesprengt, horstweise, oder auch als herrschende Holzart (z. B. in den Auenwäldern der Elbe) vorkommt, im Gebirge, wenigstens in Mittel- und Süddeutschland, kaum über 400—500 m emporsteigend. In bezug auf Boden und Klima gehört die Feldulme zu den anspruchsvollsten aller unserer Waldbäume und verlangt zu vollkommener Entwickelung sehr mineralkräftige, tiefgründige, lockere und frische Böden und verträgt beinahe soviel Nässe wie die Esche; Bruchboden sagt ihr nicht zu. Ebenso gehört sie zu den wärmebedürftigsten Holzarten, ist aber, der Schwarzerle ähnlich, ein nur in mässigem Grade lichtbedürftiger Waldbaum.

2. Ulmus montana Withering (syn. U. campestris Linnés Herbar.; scabra Miller). Bergulme, Haselulme, Weissulme oder -rüster, von der Feldulme, mit der sie vielfach verwechselt wurde, durch folgende Merkmale zu unterscheiden: Laubknospen grösser und voller, dunkelbraun, auf dem Rücken rostbraun behaart. Blätter ebenfalls sehr vielgestaltig, kürzer gestielt, grösser, 8—16 cm lang, dünn, länger zugespitzt, scharf doppelt gesägt, die endständigen (grössten) der Zweige oft 3zipfelig, über der Mitte am breitesten, dunkler grün, oberseits nur wenig glänzend, beiderseits durch kurze, steife Behaarung rauh. Bei jungen, namentlich in starker Beschattung erwachsenen Bäumen sind diese Unterschiede am auffälligsten, nicht selten sind hier die Blätter am keilförmigen Grund kaum ungleich und hier wie namentlich an Ausschlaglohden erinnern die breiten Blätter oft an die Hasel. Blüten kurz gestielt (bis 1 mm), grösser als bei der Feldulme; Staubgefässe, meist 5, ungefähr doppelt so lang als das Perigon, mit violetten Staubbeuteln. Die kahlen, grösseren (bis 3 cm) Früchte sind meist oval und tragen das grünliche Nüsschen meist in der Mitte des Flügels, den Rand der oberen Einkerbung lange nicht erreichend. Im Entwickelungsgang gleicht die Bergulme der Feldulme, ist aber in allen Teilen derber und kräftiger und erwächst gleichfalls zu ansehnlichen Bäumen mit teilweise abwärts geneigten Zweigen. Korkleistenbildung an jüngeren Zweigen tritt nur sehr selten auf. Die Borke ist mehr seicht längsrissig, der Eiche sehr ähnlich, das Holz hat einen blassbraunen Kern und unterscheidet sich anatomisch dadurch vom Feldulmenholz, dass die engen Gefässe des Spätholzes in zusammenhängenden wellenförmigen, breiteren Linien auftreten. Seine Güte ist wesentlich geringer; es ist lockerer und splintreicher, weniger fest und elastisch, etwas besser spaltbar, schwer (0,69), minder brennkräftig. — Das europäische Verbreitungsgebiet der Bergulme, die in Deutschland zwar nur eingesprengt oder horstweise auftritt, aber weitaus die verbreitetste Ulme ist, umfasst die nördliche Hälfte Europas, wo sie von Schottland und vom südlichen Schweden und Norwegen, sowie vom nördlichen Russland bis zu den südlichen Alpen und Karpathen reicht. Die Bodenansprüche sind nahezu die gleichen wie bei der Feldulme, doch geht sie höher im Gebirge empor und begnügt sich mit geringerer Luftwärme.

3. Ulmus effusa Willdenow. Flatterulme, Effe, Iffe, Bastrüster. Knospen spitz, schlank, zimmetbraun, kahl, durch dunkle Berandung ihrer Schuppen gescheckt. Junge Zweige dünn, hellbraun, meist glatt und glänzend, an Stockausschlägen aber behaart, stets ohne Korkflügel. Blätter dünn, oberseits kahl oder etwas rauh, unterseits gleichmässig weich behaart, hinsichtlich der Grösse zwischen beiden vorstehenden Arten, in der Mitte am breitesten, am Grunde sehr unsymmetrisch, lang zugespitzt, scharf doppelt gesägt, Hauptzähne nach vorn gekrümmt. Blüten lang gestielt (bis 17 mm), in flatterigen Büscheln, ca. 14 Tage früher aufblühend. Früchte an 3—4 cm langen Stielen hängend, kleiner als bei vorigen (bis $1^1/_2$ cm), mit central gelagertem Nüsschen und deutlich ge-

wimpertem Flügelrand. Bewurzelung ziemlich tief, mit oft mächtigen Wurzelanläufen. Der Wuchs ist etwas rascher als bei der Feldulme, sie erwächst ebenfalls zu stattlichen Bäumen mit etwas schlankerem Stamm und breiter, lockerer, unregelmässiger, reichästiger Krone. Der Stockausschlag ist reichlich; die Neigung zu Wurzelbrut scheint verschieden, im allgemeinen aber bedeutend zu sein. Die Rinde bildet eine nur mässig dicke, längsrissige, graubraune, fortwährend in flachen gekrümmten Schuppen abblätternde Borke. Das Holz hat breiten Splint, schwach lichtbraunen Kern, spez. Gewicht 0,66 und steht in seinen technischen Eigenschaften den beiden anderen Arten erheblich nach, bildet aber häufig sehr schöne Maserungen. Je heller der Kern, desto geringwertiger pflegt das Ulmenholz überhaupt zu sein und umgekehrt. Anatomisch ist es durch feine, aber deutliche Markstrahlen und durch fast ununterbrochene wellenförmige Bänder von engen Gefässen im Spätholz ausgezeichnet und infolge dessen lockerer. Die Flatterulme ist ein Baum Mitteleuropas; auf den südlichen Halbinseln sowie in Grossbritannien und der skandinavischen Halbinsel fehlt sie; fast ausschliesslich auf die Ebene beschränkt, findet sie sich, im allgemeinen nirgends häufig, an ähnlichen Standorten wie die Feldulme, ist aber in ihren Bodenansprüchen etwas bescheidener und kommt noch auf leichterem sandreichem Boden und auf moorigen Standorten fort.

4. Ulmus americana Linné. Amerikanische Ulme, fast im ganzen atlantischen Amerika verbreitet, ebenfalls sehr variabel, der Flatterulme ähnlich, mit unterseits ebenfalls weichhaarigen, am Grunde aber weniger ungleichen, auf dem Rücken der Randzähne oft nur einmal gezähnten Blättern, deren Seitenrippen nach Mayr vor dem Eintritt in die Zahnspitze jeweils einen kräftigen Nerv nach der Zahnbasis abgeben, mit am Rand gewimperten Früchten, deren Nüsschen der Flügeleinkerbung dicht anliegt, erreicht in ihrer Heimat auf bestem Standort bis 35 m Höhe und 1 m Stärke, während sie auf trockenen Standorten niedrig bleibt. Bei uns vollkommen hart, selbst in Norddeutschland und auf geeigneten Standorten die gleichen Dimensionen wie in ihrer Heimat erreichend, wurde diese Ulme bei uns vielfach, namentlich in den 60er und 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts und besonders in Ost- und Westpreussen forstlich angebaut. Da ihr sehr schwerspaltiges Holz nur ein spez. Gewicht von 0,65 und einen hellbraunen Kern besitzt, will man neuerdings mit Recht nichts mehr von ihr wissen.

§ 78. Celtis australis Linné. Gemeiner Zürgelbaum (franz. Micocoulier). Knospen gerade über den Blattnarben. Blätter 2zeilig, 5—20 cm lang, schief-eilanzettlich, lang zugespitzt, unterseits kurzhaarig, am Rande einfach gesägt, am Grunde handnervig, indem vom keilförmigen Grunde neben der Mittelrippe je ein kräftiger Seitennerv bis gegen die Mitte des Randes läuft. Blüten lang und dünn gestielt, einzeln (oder zu 2—3) in der Achsel diesjähriger Laubblätter. Frucht eine ca. 1 cm grosse, anfangs orangegelbe, später braunviolette kugelige Steinfrucht mit spärlichem, geniessbarem Fleisch. — Der gemeine Zürgelbaum ist eine südeuropäische Holzart, welche in den südlichen Alpenländern, in Italien, Croatien und Südungarn die Nordgrenze seiner Verbreitung findet, mit Ausnahme Südungarns hier meist nur vereinzelt in sonnigen Lagen auftritt und langsam sich entwickelnd in 150—200 Jahren 15—20 m hohe Bäume mit grosser rundlicher Krone bildet und ein vielhundertjähriges Alter erreichen kann. Sein Holz, im Splint gelblich, im Kern grau, atlasglänzend, von der Struktur der Ulmenhölzer, aber mit deutlichen Markstrahlen, ist ein vorzügliches Werkholz vom Gewicht 0,75 bis 0,82, das an Zähigkeit alle europäischen Holzarten übertrifft.

Celtis occidentalis Linné, der amerikanische Zürgelbaum, ein in ganz Nordamerika mit dem Optimum im feuchten Flussgebiet des Mississippi heimischer Baum mit nach Mayr ziemlich geringwertigem Holz, mit beiderseits kahlen oder nahezu kahlen, bis 9 cm langen, variablen Blättern und ungeniessbaren rötlichbraunen Steinfrüchten, ist bei uns frosthärter und vielfach als Zierbaum angepflanzt.

Zelkowa Keáki Dippel (syn. Planera acuminata Planchon). Keáki, der wertvollste Laubholzbaum Japans, dort in der Edelkastanienzone heimisch. Leittrieb dünn, schief gestellt. Blätter spitzeiförmig, meist gleichseitig, sehr kurz gestielt, grob stachelspitzig, gekerbt-gesägt, gleichmässig fiedernervig mit meist 10 Nervenpaaren, an fruchtbaren Zweigen ca. 3 – 6 cm, an unfruchtbaren 6—12 cm lang. Blüten meist eingeschlechtig, unscheinbar, sitzend an kurzen Seitenzweigen, die männlichen einzeln in den oberen Blattachseln, die weiblichen in 3—5gliedrigen Knäueln am unteren, blattlosen Teil der Triebe. Frucht eine kleine schiefkugelige Steinfrucht, den Nüsschen der Hainbuche ähnlich. — Das feinfaserige Holz dieser in Japan sehr raschwüchsigen Lichtholzart, die sehr starke Dimensionen erreicht, hat einen dunkelbraunen Kern und wird in seiner Heimat höher geschätzt als das der dortigen, unserer Zerreiche vergleichbaren Eichen. — In Deutschland in den Kreis der forstlichen Anbauversuche gezogen, hat sich die Keáki bis jetzt bewährt, ist auch bei uns raschwüchsig, in 8 Jahren ca. 4 m hoch, und stellt, wie zu erwarten, ziemlich hohe Ansprüche an Bodengüte und Wärme, ähnlich der Carya alba. Die Früchte besitzen meist grosse Keimfähigkeit, laufen nach ca. 4 Wochen auf und die jungen Pflanzen werden im 1. Jahre 20—25 cm hoch. Im Freistand geht das Bäumchen frühzeitig in die Aeste. Eine Pfahlwurzel fehlt, gleich nach dem Verschulen bilden sich 5—6 kräftige Herzwurzeln aus. Der junge Baum verlangt volles Licht von oben und Seitenschutz; milder kräftiger Lehm oder frischer sandiger Lehm sagt ihm am besten zu.

§ 79. Viscum album Linné. Gemeine Mistel (franz. Gui) aus der ca. 500 meist tropische Arten umfassenden Schmarotzerfamilie der Loranthaceen. Immergrüner, 2häusiger, sehr ästiger, rundlicher Busch mit glatter oder querrunzeliger gelbgrüner Rinde ohne Korkbildung, mit gegenständigen, lederigen, länglichen, abgerundeten dunkel- oder gelblichgrünen Blättern an den Enden der Gabeläste. Blütezeit je nach Klima vom Februar bis April. Die weissen oder gelblichen Beeren mit sehr klebrigem Fleische reifen im Dezember oder im nächsten Frühjahr und werden durch Vögel (Misteldrossel) verbreitet. Die Keimwurzel der an der Rinde der Nährbäume angeklebten Samen bildet zunächst auf der Rinde eine flache Haftscheibe, aus deren Mitte dann eine kegelförmige Saugwurzel hervortritt und die Rinde bis zum Holzkörper radial durchwächst, ohne in denselben einzudringen. Aus der Basis dieses ersten „Senkers“ entspringen einige flach in den jüngsten Rindenschichten ausserhalb des Cambiums weiterwachsende und seitlich mit den Rindenzellen fest verwachsende Seitenwurzeln, die „Rindenwurzeln“, welche sich alljährlich wenig verlängern (bei der Kiefer im Durchschnitt 0,75, bei der Tanne 1,7 cm) und alljährlich einen bis höchstens zwei, oft nur alle 2 Jahre einen neuen Senker bilden, so dass die Senker in Längsreihen zu stehen kommen. Die Spitze der Senker geht in Dauergewebe über, wenn sie an der Grenze des Holzkörpers angelangt ist und gelangt in das Holz, indem sie vom nächsten Jahresring umwachsen wird. In der Region des jeweiligen Cambiums dagegen bleiben die Senker wachstumsfähig und verlängern sich so alljährlich, genau wie ein Markstrahl, um die Dicke eines Jahresringes und das Ende der Senker kommt alljährlich um einen Jahresring weiter (unter günstigen Umständen bis

40 und mehr) in das Holz hinein. Die Senker nehmen mit ihren Seitenflächen, soweit sie im wasserleitenden Holze stecken, Wasser auf und sterben an den Enden erst ab, wenn sie ins Kernholz kommen, wo sie radial verlaufende Löcher hinterlassen. Später werden die Tragäste krebsartig verunstaltet, weil endlich auch die Basis der alten, breiten, dicht beisammenstehenden Senker in Dauergewebe übergeht und so ein weiteres Dickenwachstum der Aeste an den Ansatzstellen der Büsche verhindert. An den Rindenwurzeln, die von der Basis des Busches aus nach dessen Absterben auch allmählich absterben, entspringen als echte Wurzelbrut zahlreiche Adventivknospen, welche neue Büsche (vielfach einen ganzen Bestand) erzeugen. Das Abschneiden der Mistelbüsche ist nur dann von Erfolg, wenn die Aeste so weit entfernt werden, als die Rindenwurzeln reichen. — Unter den Waldbäumen schmarotzt die in ganz Europa östlich bis Memel verbreitete Mistel am häufigsten auf Kiefern und Tannen, Pappeln, Linden, Birn- und Apfelbäumen, findet sich aber gelegentlich auch auf den meisten anderen und ist sehr selten auf Eichen, Lärchen, Cedern und Eiben, während sie auf der Fichte fehlt.

Loranthus europaeus Linné. Gemeine Riemenblume, auch „Eichenmistel" genannt, mit dunkler, schwärzlicher Rinde und deutlich gestielten sommergrünen Blättern, deren Paare auch im mittleren Teile der Gabeläste stehen, ist ein südosteuropäischer Schmarotzer der Eiche und Edelkastanie. Ihre Saugwurzeln wachsen nur im jeweils jüngsten Holze ohne Senkerbildung und rufen bis kopfgrosse knollige Verdickungen an den befallenen Aesten hervor. In Deutschland ist sie vereinzelt in Sachsen gefunden worden, während sie in Oesterreich, namentlich in den südöstlichen Staaten, nicht selten ist.

§ 80. Aus der den Ranunculaceen nahestehenden Familie der Magnoliaceen, ausgezeichnet durch die in der Knospe tutenförmig geschlossenen und die jungen Blattanlagen einhüllenden Nebenblätter und durch vereinzelte Oelzellen in Mark, Rinde und Blättern, sind folgende beide Arten bei uns versuchsweise angebaut worden:

Magnolia hypoleuca Siebold et Zuccarini. Hônoki, Japanische Magnolie. Blätter oval-eiförmig, sehr gross (15—25 cm lang), unterseits weisslich mit 12—20 Nervenpaaren. Blüten 12—15 cm im Durchmesser, gelblichweiss, mit scharlachroten Staubfäden, mit dem Laubausbruch aufblühend und schon an 20jährigen Bäumen erscheinend. Die klimatischen Bedingungen dieses prächtigen, raschwüchsigen, japanischen Baumes entsprechen denjenigen der Stieleiche in Deutschland. Enge, warme Täler der Mittelgebirge mit frischem, kräftigem Boden könnten nach Mayr das Optimum dieser lichtbedürftigen Holzart bilden. Der Wert des vortrefflichen, sehr geradfaserigen, frisch graugrünen, trocken olivengrünen Holzes von sehr schöner Färbung und vom spez. Gewicht 0,55—0,50 liegt in seiner Elastizität; es wird zu Gegenständen, die sich nicht werfen und nicht reissen dürfen, verarbeitet. Im Schluss bildet der Baum einen astreinen walzigen Schaft und erreicht 30 m Höhe und darüber. Die Samen müssen in der fleischigen Fruchthülle oder im Zapfen belassen werden, wenn sie ihre Keimfähigkeit auf der Reise nach Europa nicht verlieren sollen.

Liriodendron tulipifera Linné. Tulpenbaum. Knospen zusammengedrückt eiförmig, einem dicken Vogelschnabel ähnlich, über rundlichen Blattnarben an glänzend grünlichbraunen Trieben. Blätter langgestielt, bis 10 cm lang und zuweilen noch breiter, 4lappig, an der Spitze mit stumpfwinkeligem Einschnitt abgestutzt, vor dem Laubfall goldgelb. Blüten im Juni und Juli, tulpenähnlich, ca. 6 cm Durchmesser, grünlichgelb, aussen orangefarben. — Dieser im östlichen Nordamerika

heimische, raschwüchsige Baum erreicht in seinem Optimum, den südlichen Tälern des Alleghaniegebirgs nach Mayr nicht selten 60 m Höhe und 4 m Durchmesser. Das leichte (0,52—0,62), ziemlich grobfaserige, glänzende, weiche, ziemlich leichtspaltige und biegsame, sehr dauerhafte Holz mit grünlichgelbem bis grünbraunem Kern ist in seiner Heimat als Konstruktionsholz sehr geschätzt. In Europa schon 1663 eingeführt, hat sich der Tulpenbaum in Süd- und Mitteldeutschland als vollständig hart erwiesen, gedeiht auch noch in Norddeutschland, ist in Parks und Anlagen vielfach angepflanzt und schon in über 30 m hohen Exemplaren in älteren Anlagen vorhanden. Der Baum verlangt zu gutem Gedeihen tiefgründigen frischen Boden und darf nur in angetriebenem Zustand (Ende April, Anfang Mai) unter besonders sorgfältiger Behandlung der Wurzel verpflanzt werden.

§ 81. Cercidiphyllum japonicum Siebold et Zuccarini, Kádsura, Judasblattbaum aus der Familie der Trochodendraceae, auf frischem kräftigem Boden in Flussauen, an Bachufern, im Klima der Wallnuss und der Eichen mit Buchen in Japan Bäume von 30 m Höhe mit astlosem Schaft von 13 m liefernd, kommt in seinen Ansprüchen der Esche am nächsten. Blätter gegenständig, ca. 4—6 cm lang, rot gestielt, untere rundlich herzförmig, obere elliptisch, alle klein gekerbt, handnervig, beim Aufbrechen zart rosa, später oben dunkel-, unten hellgrün mit roten Nerven, im Herbst grell scharlachrot. Die Kurztriebe entwickeln auch am zwei- und mehrjährigen Zweige nur 1 Blatt. Blüten unscheinbar, nackt, 2häusig. Holz geradfaserig, mit hellbräunlichem oder gelblichem Kern, vom spez. Trockengewicht 0,49, makroskopisch einem Nadelholz täuschend ähnlich, von grosser Feinheit und Gleichmässigkeit, für Bauten sehr geschätzt. — Der raschwüchsige Baum (bei uns in 5 Jahren 3,5 m) gedeiht bei uns anscheinend gut, besitzt ein aus vielen, kräftigen Seiten- und sehr zahlreichen, äusserst feinen Faserwurzeln bestehendes Wurzelsystem, verlangt grosse Vorsicht beim Verpflanzen, neigt frühzeitig dazu, schon vom Boden an mehrere Schäfte zu entwickeln (grosses Stockausschlagvermögen!) und beansprucht frischen, kräftigen, lehmhaltigen Boden und bedeutende Sonnenwärme. Bis jetzt bei uns, trotz frühzeitigen Austreibens, frosthart.

§ 82. Clematis vitalba Linné, die gemeine Waldrebe aus der Familie der Ranunculaceae, klettert in der südlichen Hälfte Europas an Bäumen und Sträuchern, mit ihren Blattstielen sich festrankend, bis zur Höhe von 5 und 6 m empor und kann durch Ueberlagern junger Holzpflanzen schädlich werden.

Berberis vulgaris Linné, der gemeine Sauerdorn oder die Berberitze, aus der Familie der Berberidaceae, bildet dicht bestockte 1—2½ m hohe Büsche. Die Blätter der rutenförmigen Langtriebe sind zu 3teiligen Dornen umgewandelt, in deren Achseln die laubblatttragenden Kurztriebe mit endständigen gelben Blütentrauben stehen. Die Pflanze liefert zwar dichte, undurchdringliche Hecken, ist aber hierfür nicht zu empfehlen, weil sie der Zwischenwirt des Getreiderostes ist. Sie findet sich an lichten Waldrändern, in Hecken und Gebüschen zerstreut in ganz Europa, besonders häufig aber in den Alpen.

Aus der Familie der Saxifragaceae, Unterfam. Ribesioideae, kommen Ribes Grossularia Linné, die Stachelbeere, bis 1 m hohe Büsche bildend, deren einjährige Langtriebe wie bei Berberis nur 1—3teilige Blattstacheln tragen, in deren Achseln die mit rundlich 3—5lappigen Blättern besetzten Kurztriebe stehen, Ribes petraeum Wulfen, die stachellose Felsen-Johannisbeere mit anfangs aufrechten, später hängenden Blütentrauben und

Deckblättern, die länger als die Blütenstiele sind, ebenso hoch wie vorige werdend und namentlich Ribes alpinum Linné, die Alpen-Johannisbeere, gleichfalls stachellos, mit aufrechten Blütenständen und kürzeren Deckblättern, bis $2^1/_2$ m hohe Sträucher bildend, gelegentlich am Waldrand und auch als Unterholz im Walde vor.

§ 83. Aus der nahe verwandten Familie der Platanaceae, die nur die Gattung Platanus enthält, sind zwei schwer zu unterscheidende variable Arten, die von manchen Autoren nur als Varietäten einer einzigen Art, Platanus vulgaris, angesehen werden, häufig als Park- und Strassenbäume bei uns angepflanzt. Platanus orientalis Linné, die orientalische Platane aus Kleinasien und Platanus occidentalis Linné, die amerikanische Platane aus Nordamerika. Knospen vom kegelförmig hohlen Blattstiel bis zum Laubfall umschlossen. Blätter denen des Bergahorns ähnlich, meist 5lappig, 12—25 cm lang, einzeln stehend, mit grossen, den Zweig oberhalb der Blattbasis tutenförmig umschliessenden, bald abfallenden Nebenblättern und fussförmiger Blattnervatur (die Hauptnerven der beiden Seitenlappen entspringen aus den Hauptnerven der mittleren Lappen). Blüten einhäusig eingeschlechtig, an hängenden Stielen seitenständige Köpfchen bildend; weibliche nach der Befruchtung sich vergrössernd zu ca $3^1/_2$ cm grossen, verholzten, kugeligen, warzigen Fruchtständen. Der Laubausbruch findet Ende April oder Anfang Mai statt, die Blütezeit ist im Mai oder Anfang Juni, die Samenreife im Oktober. Der Same keimt 3—4 Wochen nach Aussaat. Die gelblich- oder grünlich-graubraune Rinde verwandelt sich frühzeitig in eine sehr charakteristische Blätterborke, die sich fortwährend in grossen, dünnen Blättern abschilfert, so dass der Platanenstamm immer gescheckt erscheint. Das zerstreutporige Holz ist rötlichweiss, dem Rotbuchenholz ähnlich, die sehr gleichmässig zerstreuten Gefässe mit blossem Auge kaum zu erkennen, alle Markstrahlen sehr scharf, breit und nahe beisammenstehend, so dass $^1/_3$—$^1/_4$ der Holzfläche von den Markstrahlen eingenommen wird; als Nutzholz ist es etwas mehr als das Rotbuchenholz geschätzt, grobfaserig, mittelschwer (0,63), ziemlich hart, äusserst schwerspaltig, sehr zäh, mässig schwindend, nur im Trockenen von einiger Dauer, von grosser Heizkraft. — Die sehr raschwüchsigen Bäume haben eine tiefgehende und weitstreichende kräftige Bewurzelung und bilden bei uns stattliche 20—30 m hohe, geradschaftige Bäume mit mächtiger, breit ausladender, starkästiger Krone, reinigen sich ziemlich hoch hinauf von Aesten und können auf günstigen Standorten riesige Dimensionen und (orientalis) ein angeblich mehrtausendjähriges Alter erreichen. Beide Platanen verlangen zu ihrem Gedeihen einen tiefgründigen, lockeren, humusreichen, feuchten Boden und geschützte Lagen, entsprechend ihrem Vorkommen an Flussufern in ihrer Heimat. Trockene Böden, insbesondere Kalkböden und sehr nasse Lagen sagen ihnen nicht zu. Als ausgesprochene Lichtholzarten, die mit weit ausgebreiteter, zwar dünner belaubter, aber grossblätteriger Krone den Boden etwa so dicht wie die Rotbuche beschatten, sind sie trotz Raschwüchsigkeit und Massenproduktion keine eigentlichen Waldbäume, da sie sich weder zum Hochwaldbetrieb noch als Oberständer im Mittelwalde eignen; sie verdienen aber Anpflanzung an Bestandesrändern und an Wegen.

P. orientalis hat grosse Borkeschuppen, meist tief 5lappige Blätter mit gestutzter oder herzförmiger Basis, seltener 3- oder 5lappige mit keilförmiger Basis, abstehende Aeste und zwei oder mehr weibliche Köpfchen an gemeinsamem Stiel; P. occidentalis dagegen hat kleine Borkeschuppen, meist seicht 3- (seltener etwas 5-)lappige, ziemlich klein gezähnte Blätter, die am Grunde in der Regel abge-

rundet, seltener abgestutzt und meist in den Blattstiel vorgezogen sind. Die weiblichen Köpfchen stehen in der Regel einzeln. Der Baum ist frosthärter als orientalis.

§ 84. Die grosse, ca. 2000 Arten umfassende Familie der Rosaceen hat fast stets regelmässige, oberständige oder halboberständige (perigyne) Blüten mit meist 5 Kelch-, 5 Blumenblättern, zahlreichen Staubgefässen und einem, wenigen oder vielen apocarpen Fruchtknoten. Blätter meist wechselständig mit Nebenblättern. Von den 4 Unterfamilien kommen hier im wesentlichen nur die Pomoideae und Prunoideae in Betracht, während die Spiraeoideae mit der Gattung Spiraea in Südosteuropa, die Rosoideae mit den Rosen, Brombeeren und Himbeeren lediglich als Forstunkräuter zu erwähnen sind, von denen die letzteren, namentlich auf Kahlschlägen, oft verdämmend auf den jungen Holzwuchs wirken.

1. Unterfamilie Pomoideae. Meist 2—5 (seltener 1) Fruchtknoten, unter einander und mit dem sie umgebenden Achsenbecher verwachsen und daher unterständig. Frucht eine vom Kelche gekrönte Apfelfrucht, deren Fächer entweder pergamentartig dünn (Kernapfel) oder dick und hart (Steinapfel) sind. Das zerstreutporige Holz, dessen Jahresringe in der Spätholzzone gewöhnlich dunkler gefärbt sind, enthält sehr zahlreiche, gleichmässig über den Jahresring verteilte, einzelnstehende, kleine Gefässe, die, ebenso wie die sehr zahlreichen, feinen Markstrahlen, mit blossem Auge nicht mehr zu erkennen sind.

1. Crataegus monogyna Jacquin, der eingriffelige Weissdorn oder Hagedorn (franz. Aubépine), hat mit blattwinkelständigen Dornen besetzte Langtriebe und häufig in Dornen endigende Seitenzweige, ca. 3—7 cm lange, vielgestaltige, meist tief 3—7spaltige oder -teilige, unterseits blaugrüne Blätter mit, wenigstens im untern Teil, nach auswärts gebogenen Seitennerven, sehr grosse, an unfruchtbaren Langtrieben bleibende, nierenförmige, zerschlitzte oder gesägte Nebenblätter, weisse (nur bei Kulturvarietäten rosa) Blüten mit roten Staubbeuteln und einem Griffel in aufrechten, zusammengesetzten Trugdolden, ca. 14 Tage später als oxyacantha aufblühend. Früchte eiförmig, scharlachrot mit nur einem Steinkern. Die im Frühjahr gesäten Früchte liegen über. — Der eingriffelige Weissdorn ist ein trägwüchsiger, sperriger Strauch von 1—3 m Höhe mit sehr langen, wenig verästelten Wurzeln, seltener ein Baum mit spannrückigem Stamm, der unter günstigen Umständen auf nahrhaftem, kalkreichem Boden bis 10 m Höhe und 2 m Umfang sowie ein mehrhundertjähriges Alter erreichen kann. Er findet sich in ganz Europa (und weit darüber hinaus), mit Ausnahme des hohen Nordens nnd äussersten Südens, in Mittel- und Südeuropa häufiger als oxyacantha, in Hecken, Gebüschen, an Waldrändern und als Unterholz in Mittelwäldern der Ebene und des Hügellandes und steigt im Gebirge an sonnigen Berghängen bis ca. 900 m empor. Er verträgt den Schnitt sehr gut und schlägt sowohl aus dem Stock wie den verschnittenen Aesten und Zweigen sehr kräftig aus und eignet sich bei seinen sonstigen Eigenschaften vorzüglich zu lebenden Hecken. Das matt fleischrote Holz ohne gefärbten Kern zeigt häufig zahlreiche Markflecke, ist sehr feingebaut, sehr hart, sehr schwerspaltig, stark schwindend, vom spez. Gewicht 0,80—0,88 und wird namentlich zu Drechslerarbeiten verwendet.

2. Crataegus oxyacantha Linné, der gemeine Weissdorn oder Hagedorn, ist dem ersteren in jeder Beziehung sehr ähnlich und unterscheidet sich durch ebenfalls sehr vielgestaltige, meist weniger tief geteilte und selbst ungeteilte, unterseits gelblichgrüne Blätter, mit, wenigstens im unteren Teil, nach einwärts gebogenen Seitennerven, 2- (selten 3-)grifflige Blüten und kleinere, 2steinige Früchte. Er ist ebenso verbreitet wie der

eingrifflige und im allgemeinen in der nördlichen Hälfte Europas häufiger, in der südlichen seltener.

Ein Bastard zwischen beiden Arten verbindet die Griffelzahl von monogyna mit dem Blattbau von oxyacantha.

3. Crataegus pentagyna Waldstein et Kitaibel mit 5 Griffeln und zottigen bis weisswolligen Blütenstielen und roten Früchten und 4. C. nigra Waldst. et Kit. mit unterseits graufilzigen, 7—9 lappigen Blättern und schwarzen kugeligen Früchten sind südosteuropäische Sträucher, welche auf ähnlichen Standorten wie die ersteren im südlichen Ungarn etc. vorkommen.

Mespilus germanica Linné, die gemeine Mispel (franz.. Neflier), angeblich aus Persien stammend, wird in ganz Süd- und Mitteleuropa kultiviert und ist mitunter auf nahrhaftem Boden in schattigen Lagen in Hecken, Gebüschen und Waldrändern verwildert und zwar meist als mit kurzen geraden Dornen besetzter Strauch, während die Kulturpflanze unbewehrt ist. Die Blätter sind länglich-lanzettlich, meist ganzrandig, oberseits flaumig dunkelgrün, unterseits grau bis weissfilzig, die einzeln stehenden, grossen (3—4 cm), von den wollig filzigen Kelchzipfeln überragten Blüten weiss mit purpurroten Staubbeuteln. Steinapfel bis 3 cm gross, niedergedrückt, kugelig, braun, mit 5 Kernen. Sie ist langsamwüchsig und liefert ein zähes Holz.

1. Cotoneaster vulgaris Lindley, die gemeine Bergmispel, ein höchstens 2 m hoher Strauch, an steinigen und felsigen, sonnigen bebuschten Hügeln, sowie an ähnlichen Plätzen in Laub- und Mittelwäldern, vorzugsweise auf Kalk, durch ganz Europa zerstreut, im Norden selten, im Süden entschiedene Gebirgspflanze, steigt in den Alpen bis über 2000 m und hat kleine, meist nur 2—3 cm lange, sehr kurzgestielte, eiförmige, oberseits kahle, unterseits dicht grau- bis weissfilzige Blätter und 2—5blütige, etwas hängende Doldentrauben mit kleinen, glockigen, rosa gefärbten Blüten und erbsengrossen, scharlachroten Steinäpfeln.

2. Cotoneaster tomentosa Lindley, die filzige Bergmispel, auf die Südhälfte Europas beschränkt, mit dem südlichen Süddeutschland als Nordgrenze, bewohnt ähnliche Standorte, steigt aber im Kalksteingebirg etwas weniger weit empor und unterscheidet sich von der ersteren durch auch oberseits flaumhaarige, etwas grössere Blätter, vielblütige, meist aufrechte Trugdolden und etwas stattlicheren Wuchs.

§ 85. Pirus Malus Linné (Syn. Maluscommunis Lamarck), der Apfelbaum, Holzapfel, Wildapfel (franz. Pommier), vielfach nichts anderes als ein verwilderter Apfelbaum, ist forstlich von untergeordneter Bedeutung, ein sehr trägwüchsiger kleiner Baum mit meist nur 2—4 m (—7 m) hohem, spannrückigem Stamm und tief angesetzter, sperriger, unregelmässiger Krone. Durch die zahlreichen, allseitig abstehenden, in eine spitze Endknospe oder einen Dorn auslaufenden Kurztriebe ist er im Winter „borstig wie ein Keiler". Blätter spitz eiförmig, variabel, gezähnt, ca. 3—5 cm lang, meist ca. doppelt so lang als ihr Stiel, mit wenigen (ca. 4), unterseits vortretenden Seitenrippen, oberseits kahl, unterseits kahl bis filzig. Blüten aussen zartrosa, innen weiss. Staubbeutel gelb. Früchte ca. 4 cm grosse kugelige, grüne bis gelbe, oft rotbackige „Kernäpfel". An Waldrändern oder als Unterholz ist er durch ganz Europa mit Ausnahme des hohen Nordens zerstreut und bevorzugt einen kräftigen, kalkreichen, nicht zu feuchten Boden und lichten Stand. Die Rinde bildet an älteren Bäumen eine hellfarbige in dünnen Schuppen abblätternde Borke. Das rötliche Holz hat einen dunkelrotbraunen Kern mit zahlreichen dunkeln Markflecken, ist feinfaserig, ziemlich matt, schwer (0,77),

ziemlich hart, schwerspaltig, mittelbiegsam, schwach elastisch, ziemlich fest, sehr wenig dauerhaft, ziemlich brennkräftig, stark schwindend. Es wird weniger geschätzt als das Birnbaumholz.

2. Pirus communis Linné, die Holzbirne, (franz. Poirier), ebenfalls vielfach nur eine verwilderte Kulturbirne, spielt als Waldbaum nur eine untergeordnete Rolle, bildet aber grössere, auch sehr langsam wüchsige Bäume (unter sehr günstigen Verhältnissen bis 16 und 20 m Höhe und 50 cm Stärke) mit tiefrissiger, in nahezu würfelförmige kleine Stücke geteilter Borke und mässig ausgebreiteter Krone, die vorwiegend von aufgerichteten Aesten gebildet wird, deren Langtriebe mit einer spitzen Endknospe oder mit einem Dorn abschliessen und zahlreiche dornspitzige Kurztriebe tragen. Die Blätter sind rundlich oder eiförmig, kurz zugespitzt, kleingesägt, ungefähr so lang als ihr Stiel, mit ziemlich zahlreichen (ca. 8) unterseits kaum vortretenden Seitenrippen, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits heller, in der Jugend wollig behaart oder fast kahl. Blüten weisse stattliche Dolden am Ende belaubter Kurztriebe. Früchte rundlich bis birnförmig, sehr herb, reich an Steinzellnestern. Die geographische Verbreitung und die Standorte und Standortsansprüche sind die gleichen wie beim Holzapfel, doch ist die Holzbirne etwas häufiger und erlangt im Freistand oft eine sehr stattliche Grösse. Sie steigt in der Schweiz bis etwa 900, in Tirol bis 1500 m empor, während der Holzapfel dort bis ca. 1000 bezw. 1350 m beobachtet wurde. Das Holz ist nicht ganz so feinfaserig, wie das des Holzapfels, bräunlichrot, meist mit Markflecken, ohne gefärbten echten Kern, aber häufig mit Faulkern, matt, schwer (0,73), hart, schwer spaltbar, mittelbiegsam, schwach elastisch, ziemlich fest, zähe, sehr gut nach allen Richtungen hin schneidbar, mässig schwindend (höchstens 4,5 %), im Trocknen ziemlich dauerhaft, heizkräftig.

§ 86. Die vielfach mit Pirus vereinigte Gattung Sorbus, Eberesche, unterscheidet sich nur durch unbewehrte Zweige, meist zusammengesetzte oder tiefgelappte Blätter, kleine Blüten in reichblütigen Blütenständen und meist 2—4fächerige Früchte.

Sorbus aucuparia Linné, gemeine Eberesche, Vogelbeerbaum (franz. Sorbier). Knospen gross, schwarzviolett, filzig. Blätter 10—20 cm lang, unpaarig gefiedert mit 5—8 Paar fast sitzender, schmal elliptischer, gespitzter, scharf gesägter, glanzloser, oben dunkel-, unterseits matthellgrüner, 3—5 cm langer Blättchen, in der Jugend weisswollig, ausgewachsen meist kahl. Blüten mit meist 3 Griffeln, in grossen, konvexen, reich zusammengesetzten Trugdolden. Früchte klein, kugelig, ca. 7—9 mm, anfangs gelb, dann leuchtend scharlachrot, mit meist 3 Kernen, die nach einigen Wochen bei Frühlingssaat keimen. — Die Mannbarkeit der in der Jugend raschwüchsigen, aber bald nachlassenden Bäume tritt frühzeitig, schon mit ca. 20 Jahren ein und trägt dann der Baum fast alljährlich reichlich Früchte. Im allgemeinen ist der Höhenwuchs der ziemlich lichtbedürftigen Holzart vom ca. 20. Jahre ab ziemlich langsam, mit 10—16 m Gesamthöhe abschliessend. Die Lebensdauer überschreitet selten 80 Jahre. Der Stamm ist ziemlich gerade, schlank, hoch hinauf astrein, die Krone etwas sperrig, licht beblättert, rundlich-eiförmig, die Rinde sehr lange glatt, hellgrau, glänzend, erst im höheren Alter etwas aufreissend, die Bewurzelung auf tiefgründigem Boden tiefgehend und weit reichend, auf schlechtem flach. Das Reproduktionsvermögen ist durch reichlich entstehenden Stock- und Wurzelausschlag wie durch Wurzelbrutbildung sehr beträchtlich. Das Holz hat rötlichweissen Splint und gelbbraunen Kern und deutlichen Glanz auf den Spaltflächen. Zellgänge sind auch hier häufig; es ist ferner ziemlich fein-

faserig, mittelschwer (0,64), hart, sehr schwerspaltig, fest, mässig schwindend (um 5—6 %), äusserst wenig dauerhaft, von mittelgrosser Brennkraft. — Das Verbreitungsgebiet der Eberesche umfasst ganz Europa bis zum Nordkap und ganz Nordasien; in der nördlichen Hälfte unseres Erdteils ist sie häufiger als in der südlichen. Sie verträgt grosse Temperaturschwankungen, gedeiht noch im rauhesten Klima bei einer mittleren Jahrestemperatur von 0°, findet sich (strauchförmig) im hohen Norden, wie in den mitteleuropäischen Gebirgen noch an der Baumgrenze und tritt überall eingesprengt, selten bestandbildend auf; als Strassenbaum ist sie überall, wo Obstbäume nicht mehr gedeihen, beliebt. In ihren Standortsansprüchen ist sie ausserordentlich bescheiden. Wenn sie sich auch naturgemäss nur auf besserem, etwas kalkhaltigem Boden vollkommen entwickelt, so kommt sie doch auf Böden aller Art, auch auf den schlechtesten, selbst auf Moorböden noch fort.

Unter den Varietäten möge die aus Mähren stammende Var. dulcis Krätzl[41]), nur durch Veredelungen vermehrbar, mit grösseren, essbaren Früchten, erwähnt sein.

2. Sorbus domestica Linné, die zahme Eberesche, auch Sperberbaum, Speierling, Schmeerbirne genannt, stimmt im Bau der unterseits bläulichgrünen, grösseren Blätter mit der Vogelbeere im wesentlichen überein, unterscheidet sich aber durch kahle, gelblichgrüne, klebrige Knospen, 5-griffige grössere Blüten und etwa haselnussgrosse, eingekocht geniessbare, birnförmige, reif gelbe, rotbackige, überreif lederbraune 5samige Früchte. Die Krone des erwachsenen Baumes ist sperriger, tief angesetzt, starkästig, die Rinde bildet gleich der des Birnbaums eine rauhe Borke. Das im Splint rötlich-weisse Holz enthält im tief rotbraunen Kern viele Markflecke und ist feinfaserig, etwas glänzend, sehr schwer 0,73—1, im Mittel 0,88, elastisch, fest, bis 6 % schwindend, sehr schwerspaltig, mittelbiegsam, dauerhafter, brennkräftiger und wertvoller als dasjenige der Vogelbeere. — Der Speierling ist eine südeuropäische Holzart, welche in der Südschweiz, Südtirol, Krain und dem südlichen Ungarn im allg. die Nordgrenze seiner natürlichen Verbreitung findet, darüber hinaus aber namentlich in Süddeutschland vielfach angepflanzt und gelegentlich verwildert im Walde vorkommt. Ebenfalls trägwüchsig, verlangt aber besseren Boden und erwächst zu viel stattlicheren, erst im 40. bis 50. Jahre mannbaren Bäumen (bis 20 m) mit Pfahlwurzel und kann ein Alter von mehreren (5—6) Jahrhunderten erreichen.

3. Sorbus torminalis Crantz, der Elsbeerbaum, ist in forstlicher Hinsicht die wichtigste Art[42]). Knospen gross, kugelig eiförmig, glänzendgrün, kahl. Blätter langgestielt, ca. 8—10 cm lang, breit eiförmig, tief gelappt mit spitzen, ungleich gesägten Lappen, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits flaumhaarig blassgrün. Früchte ca. ½ cm gross, anfangs rötlich gelb, reif braun mit weissen Punkten, inwendig teigig und dann essbar. — Die Elsbeere bildet stattliche 15 (bis 20) m hohe Bäume mit kleinschuppiger, vorwiegend längsrissiger Borke und eiförmig-rundlicher, umfangreicher, dicht belaubter Krone. Sie ist ebenfalls langsam wüchsig, wird etwa mit dem 20. bis 30. Jahre mannbar, pflegt dann alljährlich reichlich zu blühen und zu fruchten und kann über 100 Jahre alt werden; der Höhenwuchs ist aber mit dem 40. bis 50. Jahre im wesentlichen abgeschlossen. Das wertvolle, im Splint rötlichweisse, später ins bräunliche nachdunkelnde, im Kern rotbraune Holz ist feinfaserig, sehr schwer (0,67—89, im Mittel 0,77), hart, mit musche-

---

41) Cf. Krätzl, Die süsse Eberesche, mit Farbentafel, Wien und Olmütz 1890.

42) Cf. Oberförster Frömbling in forstl. Blätter 1889 p. 303.

liger Spaltfläche sehr schwerspaltig, sehr elastisch, mittelbiegsam, sehr fest, bis 7 % schwindend und sehr brennkräftig. Der Elsbeerbaum ist eine vorwiegend mittel- und südeuropäische Holzart, die sich in Centraleuropa meist einzeln eingesprengt, vorwiegend im Bergland, bis ca. 650 m Höhe emporsteigend, von Mitteldeutschland bis zu den südlichen Alpen und Karpathen in sonnigen Lagen, namentlich auf Kalkboden findet, aber auch auf anderen mineralkräftigen Böden wächst, an Humusgehalt, Tiefgründigkeit und Bodenfrische mässige Ansprüche stellt, auf Sand- oder nassem Boden dagegen nicht mehr gedeiht. Das Ausschlagvermögen ist bei kurzer Lebensdauer der Stöcke aus Stock und Wurzeln mässig, die Bewurzelung, anfangs zur Pfahlwurzelbildung neigend, besteht später, namentlich auf flachgründigem Boden, aus starken Seitenwurzeln.

4. Sorbus Aria Crantz (syn. Aria nivea Host) der Mehlbeerbaum, auch Mehlbeere, Mehlbirne genannt, hat grosse, grünlichbraune, kahle Knospen, ca. 6—12 cm lange, länglich eiförmige, ungeteilte oder am Rande etwas eingeschnittene, doppelt gesägte, oberseits glänzend dunkelgrüne, unterseits grau- bis schneeweissfilzige Blätter, ziemlich grosse Blüten mit weissfilzigen Stielen und Kelchen und kugelige, kirschgrosse, rote, hellpunktierte, 2samige, sehr mehlige, ungeniessbare Früchte (aus denen aber Essig und Branntwein hergestellt werden kann). Diese ziemlich anspruchsvolle Holzart des Berglandes findet sich in Mitteleuropa als Unterholz, an Waldrändern und in Gebüschen vornehmlich in den mitteldeutschen Gebirgen, den Alpen, Sudeten und Karpathen, bis 1600 m ansteigend, vornehmlich auf Kalkboden und an sonnigen Standorten. Je nach Standort, Bodengüte und Höhenlage erwächst er sehr langsam, aber andauernd, zu stattlichen Sträuchern oder kleinen ca. 6—12 m hohen, bis 200 Jahre alten, meist krummschäftigen, oft spannrückigen Bäumen und hat ziemlich tief gehende Bewurzelung und beträchtliches Ausschlagvermögen. Sein Holz stimmt mit dem des Elsbeerbaums im wesentlichen überein.

5. Sorbus Mugeoti Soyer-Willemet et Godron, der Alpenmehlbeerbaum, unterscheidet sich von vorstehender Art im wesentlichen nur durch geniessbare Früchte und durch Blätter, deren Rand mit 8—10 ziemlich kurzen, spitz gezähnten Lappen versehen ist. Hin und wieder in den Alpen und den deutschen Mittelgebirgen.

6. Sorbus scandica Fries (Syn. S. intermedia Ehrhart), der schwedische Mehlbeerbaum, auch Oxelbirne, Saubirne, Popenbaum genannt, mit vorstehender Art häufig verwechselt, hat jederseits meist nur 8 Lappen an seinen unterseits mehr graufilzigen Blättern. Sein Verbreitungsgebiet ist auf Skandinavien und Finnland event. auch die Ostseeländer beschränkt; bei uns kommt er nur angepflanzt vor.

7. Sorbus chamaemespilus Crantz, die Zwergmispel, ist ein kleiner, 1—2 m hoher Strauch der oberen Bergregion (bis 1800 m) Mittel- und Südeuropas; er bevorzugt ebenfalls felsigen Kalkboden, hat 4—8 cm lange, sehr kurzgestielte, eiförmig längliche, scharf doppeltgesägte, oberseits glänzend dunkelgrüne, unterseits matt blassgrüne, kahle oder etwas filzige, sehr derbe Blätter und kleine Blüten mit schmalen, rosa gefärbten, aufgerichteten Blumenblättern in aufrechten, armblütigen, schirmförmigen Trugdolden und hell scharlachrote, ca. 1 cm grosse, wohlschmeckende Früchte.

Von den Bastarden der Sorbusarten, an deren Bildung sich namentlich der Mehlbeerbaum beteiligt, kommen häufiger vor:

8. S. Aria × torminalis = S. latifolia Persoon, der breit-

blätterige Mehlbeerbaum oder die Saubirn mit über 10 cm langen und 6 cm breiten, unterseits locker weiss- oder graufilzigen Blättern mit 7—9 seicht ausgeschnittenen, nach oben an Grösse abnehmenden, gesägten Lappen auf jeder Seite und gelben bis roten, im teigigen Zustande geniessbaren Früchten. Meist kleine Bäume mit apfelbaumähnlicher Rinde, zerstreut mit den Stammeltern.

9. S. Aria × aucuparia = S. hybrida W. Koch, die Bastardeberesche, mit 5—13 cm langen, länglichen, in der unteren Hälfte teils gefiederten, teils fiederspaltig bis fiederschnittigen, in der oberen Hälfte meist eingeschnitten gelappten, selten nur scharf gesägten, jederseits mit 10—12 Seitennerven versehenen, unterseits dünnfilzigen Blättern und kleinen herben Früchten. Kommt ebenfalls nur vereinzelt zwischen den Stammeltern vor.

Amelanchier vulgaris Moench (Syn. A. rotundifolia C. Koch, Mespilus Amelanchier Linné) die Felsen- oder Traubenbirne, ein niedriger 1½—2(3) m hoher Strauch mit aufgerichteten, schlanken Zweigen, findet sich im süd- und mitteleuropäischen Bergland, meist auf felsigem Kalkboden, bis 1800 m in den bayrischen Alpen emporsteigend. Die Blätter sind 2—4 cm lang, oval, meist stumpf, jung beiderseits rotbraunfilzig, alt kahl, scharf gesägt. Die meist schon im April erscheinenden Blüten stehen in kurzen, achselständigen, 3—8blütigen Trauben, mit weissfilzigen Stielen und schmal länglichen, ausgebreiteten, weissen Blumenblättern. Früchte erbsengross, blauschwarz.

§ 87. 2. Unterfamilie Prunoideae. Blüten perigyn. 1 Fruchtknoten mit 2 Samenknospen, Blütenachse an der Fruchtbildung nicht beteiligt. Frucht eine Steinfrucht, gewöhnlich nur einen einzigen Samen enthaltend. — Das zerstreutporige Holz der Prunoideae ist von dem der Pomoideae dadurch unterschieden, dass die Markstrahlen mit blossem Auge scharf und deutlich erkennbar sind und die Gefässe an der Innengrenze des Jahrringes zwar nicht erheblich grösser, aber meist zahlreicher sind und dadurch eine lockerere, meist heller gefärbte Frühholzzone bedingen.

Amygdalus nana Linné, die Zwergmandel, ist ein kleinblätteriger, kaum meterhoher, südosteuropäischer Strauch mit schlanken Zweigen, einzeln oder paarweise aus Seitenknospen vorjähriger Triebe entspringenden, sitzenden, pfirsichroten, ziemlich grossen Blüten und kleinen, seitlich zusammengedrückten, glattsteinigen, sammetfilzigen, lederigen Früchten. Wild in Mitteleuropa nur in Niederösterreich und Ungarn, zumeist im Flachlande und zum Teil Gebüsche bildend; sonst nicht selten als Zierstrauch angepflanzt.

Prunus spinosa Linné, der Schlehdorn, auch Schwarzdorn oder Schlehe genannt, bildet fast in ganz Europa, vorwiegend in der Ebene und im Hügelland, auf jedem, insbesondere auf trockenem, steinigem Boden und in sonniger Lage an Rainen, Waldrändern und Hecken sowie als Unterholz in lichten Wäldern mittelgrosse (1—2 m hohe), sehr sperrige Büsche mit bis 4 cm langen, breitlanzettlichen, scharf gesägten Blättern, zahlreichen, rechtwinkelig abstehenden, in einen scharfen Dorn endigenden Seitenzweigen und weitausstreichenden, Wurzelschösslinge treibenden Wurzeln. Ueber den Blattnarben stehen gewöhnlich 3 Knospen nebeneinander, von welchen die mittlere häufig, die seitlichen stets Blütenknospen sind. Da an Kurztrieben die Blütenknospen dicht gehäuft stehen, so sind die Büsche im Frühjahr oft über und über mit den kurzgestielten, meist kurz vor dem Laubausbruch aufblühenden, kleinen, weissen Blüten bedeckt. Die schwarzblauen, bereiften Steinfrüchte

sind sehr herb und werden erst nach einem derben Frost einigermassen geniessbar. Das schwere (0,83), feinfaserige Holz mit rötlichem Splint und braunrotem Kern ist etwas glänzend und sehr hart. Der trägwüchsige Strauch ist mit ca. 20 Jahren voll entwickelt und dauert bis etwa zum 40. Jahre aus.

2. Prunus avium Linné, die Vogelkirsche oder Wildkirsche, ist die Stammpflanze der zahlreichen kultivierten Süsskirschen. Blätter (6) 9—12 (15) cm lang, meist eiförmig, zugespitzt, scharf gesägt, schlaff, oberseits dunkelgrün, unterseits blassgrün und meist spärlich flaumhaarig, am Blattstiel meist mit 2 grossen roten Drüsen. Kurztriebe quergeringelt, gewöhnlich nur mit einer endständigen Knospe. Blüten gross (bis 3½ cm), lang gestielt, in dichten doldigen Büscheln aus den Endknospen vorjähriger Kurztriebe im April oder Mai. Früchte meist nur 1 cm gross, schwarzrot, mit grossem rundlichem Stein und bittersüssem Fleisch. Der Samen keimt schon im Frühling nach der Reife, wie alle Prunusarten mit dicken, rundlichen, oberirdischen Keimblättern. Der bis ca. zum 40. Jahre raschwüchsige Baum schliesst mit 50—60 Jahren sein Wachstum ab, in dieser Zeit im Bestandesschluss 16—20 m Höhe und bis über ½ m Stärke erreichend, wird aber selten älter als 80—90 Jahre. Die Mannbarkeit tritt mit ca. 20—25 Jahren ein. Der Stamm ist bis zum Wipfel geradschaftig und vollholzig, die Krone unregelmässig, dichtästig, hochangesetzt und locker beblättert, die Rinde in der Jugend glatt, glänzend, rötlichgrau, sehr zähe, mit breiten rostfarbigen Lenticellen, löst später ihr Periderm ringförmig in bandartigen Lappen, ähnlich wie die Birke, ab und bildet erst spät eine flachrissige, dunkle Borke. Das Wurzelsystem entbehrt der Pfahlwurzel und besteht aus ziemlich weitstreichenden, teils flach verlaufenden, teils tief in den Boden eindringenden kräftigen Wurzelsträngen. Das im schmalen Splint rötlichweisse, im Kern hell gelbbraune, ziemlich wertvolle Holz ist grobfaserig, glänzend, mittelschwer (0,57—78 im Mittel 0,66), sehr hart, sehr schwerspaltig, mittelbiegsam, elastisch, fest, bis 6 % schwindend, im Freien wenig dauerhaft, dem Wurmfrasse sehr ausgesetzt, brennkräftig (0,80). — Die Vogelkirsche ist mit Ausnahme des höheren Nordens und des Nordostens über ganz Europa verbreitet, meist vereinzelt in Wäldern, besonders in Misch- und Mittelwäldern, in Gebüschen und Waldrändern in der Ebene wie im Gebirge (Bayrische Alpen bis 1100 m, Südtirol bis 1500 m) in warmen sonnigen Lagen, auf frischem, fruchtbarem, besonders kalkhaltigem Boden am besten gedeihend. Sie ist eine ausgesprochene Lichtholzart, die selbst mässige Beschattung nicht mehr erträgt.

3. Prunus Cerasus Linné, die Sauerkirsche oder Weichsel, aus Kleinasien stammend, ist gelegentlich im Walde verwildert und durch Laubblätter am Grunde der Blütenbüschel und durch kleinere, oberseits glänzende, unbehaarte Blätter mit meist drüsenlosen Stielen von der Vogelkirsche zu unterscheiden.

4. Prunus chamaecerasus Jacquin (Syn. P. fruticosa Pallas) die Zwergweichsel, bildet niedrige Büsche, namentlich auf sonnigen Kalkhängen und am Rande wie im Innern lichter Bergwälder. Ihr Verbreitungsgebiet reicht von Sibirien durch Mittel- und Südrussland, den mittleren Teil Oesterreich-Ungarns bis Thüringen und den Mittel-Rhein. Ihre Blätter sind klein (2—3 cm lang), oberseits bläulich glänzend dunkelgrün, unterseits matt blassgrün, klein gekerbt gesägt, 2gestaltig, an den Langtrieben lanzettlich, an den Kurztrieben gebüschelt, länglich verkehrt-eiförmig, mit drüsenlosen Stielen, die Blüten langgestielt, klein, weiss, zu 2—3 am Ende von Kurztrieben. Die kleinen, roten, saueren Früchte haben einen spitzen Steinkern.

5. Prunus Padus Linné, die Traubenkirsche, auch Ahlkirsche oder Faulbaum genannt, hat ca. 6—12 cm lange, elliptische, zugespitzte, scharf

gesägte, kahle Blätter mit gründrüsigen Stielen. Die reichblütigen, langen, hängenden, deckblattlosen, weissen Blütentrauben erscheinen meist schon im April am Ende beblätterter Kurztriebe; die erbsengrossen, schwarzen, bittersüssen Früchte mit spitzem, netzgrubigem Stein reifen meist Ende Juli. In der Jugend bis zum 20. oder 30. Jahre sehr raschwüchsig und selten länger als 60 Jahre dauernd, erwächst die Traubenkirsche zu grossen Sträuchern mit rutenförmigen, grau- oder grünlichbraunen Zweigen oder zu mittelgrossen, bis 13 m hohen und 60 cm starken Bäumen mit tiefangesetzter, dichtbelaubter Krone und zum Teil hängender Beastung und oft spannrückigen Stämmen, deren schwarzgraue Rinde erst spät eine dünne, längsrissige Borke bildet. Die Bewurzelung ist mehr seitwärts als tief streichend. Das Ausschlagvermögen ist sehr gross und liefert sie nach dem Abhieb reichlichen, raschwüchsigen Stockausschlag und gerade steife Wurzellohden. Das frisch unangenehm riechende Holz von sehr beschränktem Gebrauchswert hat breiten, gelbweissen Splint, braungelben Kern, ist ziemlich feinfaserig, glänzend, mittelschwer, weich, leichtspaltig, zähbiegsam, schwach elastisch, fest, wenig dauerhaft, bis 6 % schwindend, wenig brennkräftig. Das Verbreitungsgebiet der Traubenkirsche umfasst beinahe ganz Europa (bis zum 70° in Norwegen!). Im allgemeinen eine Holzart der feuchten Ebenen und Flussniederungen, steigt sie doch mit den Wasserläufen in feuchten Talgründen hoch im Gebirge empor (in den nördlichen Kalkalpen bis 1500 m, in Norwegen bis gegen 1200 m). Sie verlangt zu gutem Gedeihen mineralkräftige Böden von grösserem Feuchtigkeitsgehalt, ist aber nur in mittlerem Grade lichtbedürftig und verträgt mässige Beschattung.

6. Prunus Máhaleb Linné, die Felsenkirsche, auch türkische Weichsel oder Steinweichsel genannt, deren Stocklohden beim Trocknen den bekannten Weichselgeruch annehmen, bewohnt die Südhälfte Europas, vornehmlich auf kalkhaltigen Standorten des Hügellandes, im Weinklima von den Vogesen bis zum Siebengebirge und durch die Alpenländer bis Siebenbürgen verbreitet. Sie ist eine sehr lichtbedürftige, meist strauchig bleibende, selten zu 4—8 m hohen Bäumen heranwachsende Holzart mit reichlichem, sehr raschwüchsigem Stockausschlag nach dem Abhieb. Die Blätter sind meist eiförmig zugespitzt, gekerbt-gesägt, kahl und glänzend, ca. 3—6 cm lang, an drüsenlosen Stielen. Die der Traubenkirsche ähnlichen Blüten stehen aber in aufrechten, rundlichen Trauben; die erbsengrossen, schwarzen Früchte schmecken sehr herbe. — Die zu „Weichselrohren" verwendeten Ausschläge werden meist in sog. Weichselgärten mit gärtnerischer Pflege in 3jährigem Umtrieb gezogen.

7. Prunus serotina Ehrhart, die spätblühende Traubenkirsche, ist durch das ganze Laubholzgebiet Nordamerikas verbreitet, bleibt dort nach Mayr an der nördlichen und südlichen Grenze ein kleiner Baum, erwächst aber in den südlichen Alleghanies auf kräftigem Boden, dem Laubwald eingesprengt, zu einem stattlichen Baume von 20—30 m Höhe und bis 1 m Stärke. Der Baum wächst auch leicht auf trockenem Boden, der für landwirtschaftliche Zwecke bereits zu arm ist, und gehört zu den schnellwüchsigsten, vorzüglichsten Hartholzarten Nordamerikas (mit schönem rotem Holz), ist in Europa längst eingeführt, aber erst seit 1890 und zwar bis dato mit bestem Erfolg, in den Kreis der forstlichen Anbauversuche gezogen worden. Der im Herbst gesäte frische Samen keimt im nächsten Frühjahr; bei Frühjahrsaussaat ist mindestens 3tägiges Einquellen erforderlich, wenn nicht die meisten Samen überliegen sollen. Im 1. Jahre werden die Pflanzen bei uns 20—30 cm, in 3 Jahren schon $1^1/_2$ m und in 9 Jahren 6 m hoch, so dass sie ausser der Esche alle heimischen Holzarten übertreffen. In ihren Bodenan-

sprüchen ist P. serotina ziemlich genügsam und gedeiht selbst auf humosem Sandboden freudig, wenn derselbe genügend frisch ist; sie verlangt volles Licht und ist für Seitenschutz dankbar. Gegen Dürre, Spätfröste und Winterkälte ist sie, von besonders üppigen Trieben abgesehen, unempfindlich; auf den Stock gesetzt, bildet sie schon im nächsten Jahre 2 m 20 Länge erreichende Triebe. — Von unserer Traubenkirsche unterscheidet sie sich durch grössere, bis 10 cm lange, derbere, lederartige, oberseits glänzend dunkelgrüne Blätter, kürzere, aufrechte oder vornübergeneigte Blütentrauben, die erst Ende Mai oder Anfang Juni aufblühen und durch den glatten Stein ihrer Früchte. Durch besondere Schnellwüchsigkeit soll sich die Form cartilaginea, die glänzendblätterige, mit grösseren, bis 15 cm langen, lebhafter grünen und stärker glänzenden Blättern auszeichnen.

§ 88. Die Familie der Leguminosae, die zweitgrösste des Pflanzenreichs mit ca. 7000 Arten, in der Unterfamilie Papilionatae mit meist gefiederten oder 3teiligen Blättern, in der Regel in Trauben stehenden Schmetterlingsblüten und 2klappig aufspringenden Hülsen, besitzt in Europa wesentlich nur in der südlichen Hälfte baumartige Vertreter, während die forstlich für uns wichtigste Art nordamerikanischen Ursprunges ist (ursprüngliche Heimat die südlichen Alleghanieberge), nämlich:

Robinia Pseudacacia Linné, die Robinie, in Deutschland allgemein Akazie genannt, in Europa mit Ausnahme des nordöstlichen Teiles längst völlig eingebürgert. Blätter unpaarig gefiedert, 10—30 cm lang, weich, mit ca. 10—20 kahlen, 2—4 cm langen, ovalen Fiederblattpaaren und zu stechenden Stipulardornen umgewandelten Nebenblättern, die paarweise an der Blattstielbasis sitzen und mehrere Jahre dauern; Blüten ansehnlich, weiss, in langen, blattwinkelständigen, hängenden Trauben im Juni; Hülsen breit lineal, ca. 1—1½ cm breit, 5—9 cm lang, rotbraun mit ca. ½ cm grossen, nierenförmigen, braunen Samen, die im Oktober oder November reifen, vom Februar an abfallen und ca. 14 Tage nach Frühlingssaat mit 2 dicken halbeirunden Keimblättern oberirdisch keimen. Die Dauer der Keimkraft beträgt 2—3 Jahre. Die Mannbarkeit tritt mit 20—25 Jahren ein. Samenjahre alle 1—2 Jahre. Die Robinie ist in der Jugend ungemein raschwüchsig, erreicht nicht selten schon im 1. Jahre eine Höhe von 70 cm bis 1 m, mit 10 Jahren 10 m und darüber, doch lässt der Wuchs rasch nach und ist im 30. bis 40. Jahre im wesentlichen abgeschlossen. Sie erreicht bei uns bis 25 m Höhe und bis 80 cm Stärke und zumeist ein 100 Jahre nicht überschreitendes Alter (nur ausnahmsweise 200 und mehr), bildet eine lockere, sperrige, unregelmässige, dünnbelaubte Krone, neigt zum Zwieselwuchs, bildet als Samenpflanze im Schluss unter günstigen Bedingungen gerade, schlanke, bis zu beträchtlicher Höhe astreine Stämme, während sie sich im Freistand in mehrere steil aufstrebende schlanke Aeste gabelt. Ausschlagsstämme werden fast stets krummwüchsig. Die Bewurzelung ist nur anfänglich in die Tiefe gerichtet und streicht bald mit starken Wurzelästen seitlich weit aus. Das Ausschlagvermögen aus Stock und Wurzel ist sehr bedeutend. Die Rinde bildet früh eine tief netzförmig aufreissende, starke, braungraue Borke. Das ringporige Holz besitzt einen nur wenige Jahrringe breiten gelbweissen Splint und einen grünlich-gelbbraunen, an der Luft stark nachdunkelnden Kern. Die Markstrahlen sind mit blossem Auge meist nicht erkennbar; die Gefässe des Spätholzes, ähnlich wie bei Ulmus, nahe der Ringgrenze in konzentrischen Linien angeordnet; sämtliche Gefässe mit Ausnahme der des äussersten Jahrringes sind durch Thyllen verstopft. Das Robinienholz ist ein vortreffliches Werkholz, sehr schwer (0,58—0,85, im Mittel 0,77), sehr grobfaserig, glänzend, hart, sehr fest, schwer aber

schönspaltig, elastisch, ausserordentlich dauerhaft und brennkräftig. Die Standortsansprüche der Robinie[43]) sind ganz eigenartige. Sie gehört zu den anspruchsvollsten Holzarten hinsichtlich der Mineralstoffe, die sie dem Boden alljährlich entzieht und zugleich zu den anspruchslosesten, weil sie auf den ärmsten und dürresten Böden gedeihen kann, indem sie die Fähigkeit besitzt, sich die Mineralstoffe auch unter schwierigen Umständen zu beschaffen und ausserdem als Schmetterlingsblütler an ihren Wurzeln Wurzelknöllchen trägt, so ihren Stickstoffbedarf aus der Luft zu decken vermag und hinsichtlich des Humusgehaltes keinerlei Ansprüche an den Boden stellt. Bedingung ihres Gedeihens ist aber, da die Wurzeln, ähnlich wie bei den Pappeln, weit über den Kronenraum des Baumes hinausgehen, weiter Wurzelraum nach der Seite oder auch nach der Tiefe, hinreichend lockerer und gut durchlüfteter Boden ohne dichten Unkrautfilz, reichlicher Lichtgenuss, da sie als äusserst lichtbedürftige Pflanze keinerlei Ueberschirmung verträgt und sich im Bestand frühzeitig verlichtet, und möglichst milde, namentlich vor Frühfrösten geschützten Lagen, weil sie zwar spät austreibt, aber erst der August den Höhentrieb bringt. Schwere Ton-, nasse oder gar moorige Böden eignen sich nicht für sie. Die Ansprüche an Bodenfeuchtigkeit sind sehr gering und so eignet sich die Robinie in wärmerem Klima (z. B. in den ungarischen Steppen in grossem Umfang durchgeführt) vorzüglich zur Bindung des Bodens in baumlosen Sandniederungen, sowie zur Befestigung von Dämmen, Böschungen, Schutthalden und dergl.

Colutea arborescens Linné, der gemeine Blasenstrauch, ist ein bis 3 m hoher Strauch Südeuropas nnd des Orients mit gefiederten Blättern, ansehnlichen, goldgelben, in aufrechten Trauben stehenden Blüten, grossen, stark aufgeblasenen, häutigen Hülsen, als Zierstrauch überall angebaut und, namentlich auf Kalkboden in Süddeutschland, der Schweiz und den südlichen und östlichen Kronländern Oesterreichs, hie und da im Bergland wild oder verwildert.

1. Cytisus laburnum Linné, der gemeine Bohnenbaum oder Goldregen, mit 3zähligen (kleeähnlichen), langgestielten, unterseits graugrünen, angedrückt-seidenhaarigen Blättern und langen, hängenden, goldgelben Blütentrauben, ist ein bis gegen 7 m Höhe erreichender Grossstrauch mit rutenförmigen Langtrieben und hartem, glänzendem, sehr schwerspaltigem, elastischem, biegsamem, wenig dauerhaftem Holz, dessen schmaler Splint gelbweiss, dessen Kern gelbbraun oder grünbraun bis schwarzbraun ist. Diese süd- und osteuropäische Holzart ist in Mitteleuropa als Zierstrauch überall angepflanzt, nicht selten auch im Walde verwildert, wild wohl in Südwestdeutschland, der südlichen und westlichen Schweiz sowie in den südlichen und östlichen Kronländern Oesterreichs. Ausser auf nassen Standorten gedeiht der anfangs sehr raschwüchsige, aber nur 20—30 Jahre dauernde Goldregen auf Böden verschiedenster Art, besonders auf trockenen, sonnigen Kalkhängen, so z. B. in der Oberförsterei Grubenhagen[44]) im südlichen Hannover, wo er bestandbildend im Niederwald, oder als Unterholz im Buchenmittelwald, die übrigen Unterhölzer mehr und mehr verdrängend, auftritt und sich durch ausserordentliche Unempfindlichkeit gegen Druck und Ueberschirmung auszeichnet. Das Stockausschlagvermögen ist sehr beträchtlich, die Stocklohden raschwüchsiger als die Samenlohden (in 18 Jahren $6^1/_2$ m hoch und 5—7 cm stark). Wur-

---

43) Weise, Robinie und Weymouthskiefer. Mündener forstl. Hefte 12. 1897. p. 1 ff.
44) Frömbling, Der Goldregen und seine forstliche Bedeutung. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1886. p. 87.

zelbrut fehlt. Die Wurzeln sind dünn, flach- und weitstreichend. Zur Aufforstung verödeter Muschelkalkhänge, auf denen andere Holzarten leicht versagen, wird er empfohlen.

2. Cytisus alpinus Miller, der Alpen-Bohnenstrauch, ist der vorigen Art in jeder Beziehung sehr ähnlich. Er unterscheidet sich durch unterseits freudig grüne, nicht seidenhaarige Blätter und stets kahle, an den Rändern nicht wulstige Hülsen. Ebenfalls häufig angepflanzt. Seine natürliche Verbreitung reicht nördlich aber nicht über die Gebirgswälder der Alpen und Karpathen hinaus.

3. Cytisus Weldenii Visiani bedeckt als 1—2 m hoher Strauch im südlichen Dalmatien grosse Karstflächen und ist dort als Bodenschutzholz und als Brennholzlieferant von Bedeutung. Die dunkler gelben, betäubend stark riechenden Blüten stehen in aufrechten, vielblütigen Trauben. Die Zweige sind kantig.

4. Cytisus nigricans Linné, der schwärzliche Bohnenstrauch, verdankt seinen Namen dem Umstande, dass Blätter, Blüten und Hülsen beim Trocknen schwärzlich werden. Ein kleiner, höchstens ca. $1^1/_2$ m Höhe erreichender Strauch mit dichten, aufrechten, endständigen, reichblütigen Blütentrauben. Von Mitteldeutschland an südwärts an steinigen, waldigen Orten.

Die übrigen kleinstrauchigen Cytisusarten entbehren der forstlichen Bedeutung und finden sich als südeuropäische Pflanzen im Gebiet zumeist nur in den südlichsten Teilen Mitteleuropas.

Ebenso sind die mit meist einfachen Blättchen versehenen Angehörigen der Gattung Genista, Ginster, von denen einzelne Arten oft in Masse auftreten, lediglich forstliche Unkräuter, die durch Verdämmung des jungen Holzwuchses gelegentlich schädlich werden können.

Sarothamnus vulgaris Wimmer (syn. Spartium scoparium Linné, Cytisus scoparius Link) der Besenginster, auch Besenstrauch, Hasenheide (fr. Genêt), genannt, ist ein gesellig wachsender Strauch mit 2gestaltigen, spärlichen, kleinen Blättern, die an der Basis der Triebe gestielt und 3zählig, an der Spitze einfach und sitzend sind. Die sehr grossen, goldgelben, gestielten Blüten mit uhrfederartig eingerolltem Griffel stehen einzeln oder zu zweien blattwinkelständig. Der Wuchs ist meist strauchartig, mit aufrechten oder aufsteigenden, 1—2 m langen und bis 5 cm starken Stämmchen und zahlreichen, aufrechten, ruthenförmigen, kantig gefurchten, grünen Aesten und Zweigen. Die Hauptwurzel dringt, namentlich im Sandboden, tief in den Boden ein und bildet weit ausstreichende Seitenwurzeln. Als Bewohner der Ebene oder niederer Gebirge ist der beinahe ganz Europa bewohnende, lichtbedürftige Strauch am häufigsten im nördlichen und westlichen Mitteleuropa in milderen Lagen. Empfindlich gegen strenge Winterkälte wie gegen Früh- und Spätfröste, ist er doch wegen seiner tiefgehenden Bewurzelung und wegen ungemein lange andauernder Keimkraft seiner Samen in Kulturen ein schwer auszurottendes Unkraut. Am häufigsten ist er in den sandigen Niederungen Norddeutschlands als einzige bestandbildende Holzart (Rehheide, Hasenheide) und im Buntsandsteingebiet des Maines.

Spartium junceum Linné, der Pfriemenstrauch oder spanische Ginster, ist eine Holzart der Mittelmeerländer, die nördlich bis Südtirol und dem südlichen Steiermark auf felsigen, sonnigen Hügeln ähnliche Büsche wie der Besenginster bildet, sich aber durch graugrüne Farbe und stielrunde, binsenartige, fast blattlose Zweige mit einfachen Blättchen augenfällig von dem Besenginster

unterscheidet.

Ulex europaeus Linné, der Stechginster oder Hecksame, im wesentlichen eine Holzart des westlichen und südlichen Europas, kommt vom westlichen Norddeutschland bis zur Insel Rügen auf Sandboden, zu dessen Befestigung er sich unter geeigneten klimatischen Bedingungen wegen seines hervorragenden Stock- und Wurzelausschlagvermögens vorzüglich eignet, vor und ist auch vielfach als Heckenpflanze von sehr sperrigem Wuchs, die das Beschneiden gut verträgt, angebaut. An den von Dornen starrenden grünen Büschen sind die oberen Blätter der Triebe in einen gefurchten pfriemlichen grünen Dorn und sämtliche kurzen Achselsprosse zu ebensolchen einfachen oder verzweigten Dornen umgewandelt. In kalten Wintern erfriert der Stechginster bis zum Boden, treibt aber dann vom Stock wieder aus.

Cladrastis amurensis Ruprecht. Amur-Gelbholz. Dieser japanische Baum hat 16—30 cm lange, unpaarig gefiederte Blätter mit 3—6 Blattpaaren, die aus der Knospe mit prächtig silberweisser Behaarung hervorbrechen, und grünlichweisse, in dichten aufrechten Trauben stehende Blüten mit freien Staubfäden. Er ist von Mayr zu Anbauversuchen empfohlen und auch neuerdings in den Kreis derselben gezogen worden, weil sein vorzügliches Holz mit sehr schmalem gelbem Splint und rotbraunem Kern dasjenige der Robinie übertrifft und er voraussichtlich noch in solchen Klimalagen zum Baume erwächst, in denen die Robinie nicht mehr emporkommt. In der Jugend etwas träg-, später raschwüchsig, ist dieser Lichtholzbaum, der schon mit 10 Jahren Samen trägt, bis jetzt bei uns völlig hart und stellt ungefähr die gleichen Lebensansprüche, wie Magnolia hypoleuca.

Gleditschia triacanthos Linné, der Christusdorn, die dreidornige Gleditschie, aus der Unterfamilie der Caesalpinioideae in der südlichen Hälfte des atlantischen Nordamerika einheimisch, mit einfach oder doppelt gefiederten Blättern, unscheinbaren Blüten, 25—35 cm langen, bis 4 cm breiten, meist gedrehten Hülsen und 3teiligen, rotbraunen, spitzen Stammdornen an den jungen Trieben, am Stamm und den älteren Aesten von reichverzweigten, büschelig zusammenstehenden, sperrigen, grossen Dornen starrend, ist in der südlichen Hälfte Mitteleuropas als grosser, raschwüchsiger, sehr lichtbedürftiger Zierbaum mit weitausgreifender sperriger Krone verbreitet. In ihrer Heimat erreicht sie auf dem kräftigen Boden der Flussniederungen 30—40 m Höhe und verlangt bei uns zu gutem Gedeihen milde, dem Wind nicht stark ausgesetzte Lagen und tiefgründigen, fruchtbaren, lockeren Boden. Ihr wertvolles, im Kern rosarotes Holz, im anatomischen Bau dem Robinienholze ähnlich, ist schwer (0,78) sehr grobfaserig, äusserst schwerspaltig, sehr dauerhaft, biegsam und wenig elastisch. Da sie den Schnitt gut verträgt, ist sie auf geeignetem Standort auch eine vorzügliche Heckenpflanze.

§ 89. Ailantus glandulosa Desfontaines, der drüsige Götterbaum aus der Familie der Simarubaceae, stammt aus China und ist bei uns in milderen Lagen als Park- und Alleebaum vielfach seit langem angepflanzt. Die einzeln stehenden, grossen (bis 80 cm), paarig gefiederten Blätter tragen am Grunde der grossen, zugespitzten, eilanzettlichen Blättchen jederseits 1—3 kleine, je eine undurchsichtige Drüse tragende Läppchen, was sie von allen bei uns vorkommenden Gehölzen unterscheidet. Blüten klein, polygam, grünlich, in endständigen grossen Rispen. Früchte zweiseitig geflügelt, bis 5 cm lang, anfangs rot, dann braun. Der allerdings kurzlebige Baum (40—50 Jahre) ist

ungemein raschwüchsig (in 5 Jahren bis 5 m), stellt an die Fruchtbarkeit und namentlich an die Feuchtigkeit des Bodens sehr geringe Ansprüche, wenn der Boden nur hinreichend tiefgründig und locker ist, und besitzt ein ausserordentliches Ausschlagsvermögen aus Stock und namentlich aus den Wurzeln. In Oesterreich-Ungarn im Rebenklima ist er mit Erfolg zur Aufforstung öder Karstengründe verwendet worden.

Phellodendron amurense Ruprecht, der Mandschurische Korkbaum aus der Familie der Rutaceae, ist ein japanischer Baum von sehr stattlichen Dimensionen, der in höherem Alter auffallend reiche Korkbildung zeigt, deswegen von Mayr zu Anbauversuchen empfohlen und auch in den Kreis derselben gezogen wurde. Seine gegenständigen, unterseits kahlen Blätter gleichen denjenigen unserer Esche und riechen, zwischen den Fingern zerrieben, unangenehm. Die 2häusigen, kleinen, grünlichgelben Blüten stehen in endständigen Doldentrauben. Nach seinem natürlichen Vorkommen verlangt er bei uns Eichenklima und gedeiht auf kräftigem, frischem Boden in warmen Lagen sehr gut, die Eiche an Wuchsgeschwindigkeit übertreffend, ist winterhart, treibt spät aus, doch dauert die Vegetation lange in den Herbst hinein, so dass die Triebspitzen regelmässig zurück frieren. Die erbsengrossen, schwarzen, terpentinhaltigen Steinfrüchte enthalten 5 einsamige Steine und bleiben mehrere Jahre keimfähig. Die Keimpflanzen werden im 1. Jahre 20—25 cm hoch und entwickeln eine Pfahlwurzel mit vielen feinen Faserwurzeln. Die Rinde enthält einen gelben Farbstoff. Das gelbe Holz ist von grosser Dauer.

Buxus sempervirens Linné, der gemeine Buchsbaum (Fr. Buis) aus der den Euphorbiaceen nahestehenden Familie der Buxaceae, ein ungemein langsamwüchsiger Strauch oder kleiner Baum, der bis 8 m Höhe und $^1/_2$ m Stärke und ein Alter von mehreren Jahrhunderten erreichen kann, hat kleine lederige, eiförmige, gegenständige, immergrüne Blätter und kleine, gelblich weisse, schon im März oder April erscheinende Blüten, die in achselständigen Knäueln stehen. In jedem Knäuel steht eine weibliche Blüte mit 3 dicken Griffeln inmitten mehrerer männlichen. — Das hochwertige, hellgelbe, ungemein gleichmässige, hornartige Holz lässt kaum die Jahresringe erkennen und besitzt sehr enge Gefässe; es ist sehr schwer (0,99—1,02), sehr feinfaserig, äusserst schwerspaltig, fest, glanzlos und dauerhaft, und bekanntlich das wertvollste Material für Holzschnitte. — Der in unseren Gartenanlagen allenthalben angepflanzte Buchsbaum ist eine Holzart des Mittelmeergebiets, die nördlich der Alpen nur selten wild wachsend vorkommt, so namentlich an gebirgigen Orten im Moseltal bei Bertrich, auf der Buchshalde bei Grenzach in Baden und auf dem schweizer Jura bei Pieterlen[45]), wo ein ganzes Wäldchen von 325 4—8 m hohen Bäumchen stockt. — Obwohl der Buchsbaum steinige, sonnige Hänge oft mit einem dichten Mantel überzieht, ist er doch in hohem Masse schattenertragend.

Empetrum nigrum Linné, die Krähen- oder Rauschbeere aus der nahe verwandten Familie der Empetraceae, ist ein hochnordischer, kleiner, heidekrautähnlicher, immergrüner Strauch mit am Rande zurückgerollten, nadelähnlichen, oft scheinbar quirlstständigen Blättchen und erbsengrossen, schwarzen Beeren. Der gesellig wachsende Kleinstrauch ist in ganz Zentraleuropa zerstreut, namentlich im Norden in moorigen Kiefernwäldern auf Sandböden (Empetrumheiden) etc., auf Hochmooren der deutschen Mittelgebirge und in den Alpen häufig.

Aus der Familie der Anacardiaceae reichen 3 im Mittelmeergebiet ein-

45) Schweizer Zeitschr. f. Forstwesen 1898. p. 151 mit Abbildung.

heimische Holzgewächse mit der Nordgrenze ihres Verbreitungsgebiets noch in das südliche Zentraleuropa herein.

1. Pistacia Lentiscus Linné, der Mastixstrauch, ist in ausgedehntem Masse an der Zusammensetzung der immergrünen Buschformation, der Macchien, namentlich auf steilem und steinigem Gelände in Istrien und Dalmatien beteiligt und bleibt hier meist strauchförmig. Die trägwüchsigen, aromatisch duftenden, kräftig bewurzelten und sehr reproduktionsfähigen dichten Büsche haben immergrüne, paarige Fiederblätter mit 3—7 (meist 5) Paaren 1,5—3 cm langer, schmaleiförmiger, derber, kurzbespitzter, ganzrandiger Blättchen an schmal geflügelter Mittelrippe. Die Rinde liefert das wohlriechende Mastixharz; die Blätter dienen zum Gerben.

2. Pistacia Terebinthus Linné, die Terpentin-Pistazie, geht weiter nach Norden und findet sich noch in Südtirol und Krain; sie neigt mehr zu baumartigem Wuchs. Die sommergrünen Blätter sind derb, unpaarig gefiedert mit 2—4 Paaren schmal bis breit-eiförmiger 4—8 cm langer Blättchen an ungeflügelter Mittelrippe. Das sehr schwere (0,9—1,1) Holz mit wechselnder, zuweilen schön kastanienbrauner Kernfärbung ist ein wertvolles Drechslerholz.

Rhus Cotinus Linné (syn. Cotinus Coggygria Scopoli), der bekannte Perrückenstrauch unserer Gärten, mit beinahe kreisrunden bis rundlich eiförmigen Blättern und endständigen grossen Blütenrispen, deren behaarte Blütenstiele sich nach dem Verblühen der meist unfruchtbaren, abfallenden Blüten bedeutend verlängern, ist nordwärts bis zur südlichen Schweiz, bis Südtirol, wo er fast in alle Niederwälder eingesprengt ist, bis in die Umgebung Wiens und bis ins südliche Ungarn verbreitet auf sonnigen Hügeln, namentlich im Kalkgebirge. Seine Blätter sind ein wertvolles Gerb- und Färbematerial; auch das goldgelbe Holz (Fisettholz) dient zum färben.

§ 90. Ilex aquifolium Linné, der gemeine Hülsen, auch Christusdorn oder (zumeist) Stechpalme genannt, aus der Familie der Aquifoliaceae (Fr. Houx), ist eine an mildes See- oder luftfeuchtes Gebirgsklima gebundene, äusserst trägwüchsige Holzart Süd- und Westeuropas, die in Zentraleuropa auf frischem, sandigem oder kalkreichem Boden, meist als Unterholz schattiger Laub- und Nadelholzwaldungen, in der westlichen norddeutschen Zone von Rügen bis zum Niederrhein, in den Vogesen, im Schwarzwald, im Jura und in den Alpen (bis 1200 m!) zerstreut vorkommt, meist strauchförmig bleibt und nach dem Abhieb reichlichen Stockausschlag treibt, auch das Beschneiden gut verträgt (Heckenpflanze). Die Krone ist bei baumartigem Wuchs pyramidal mit 5—8 cm langen, kurzgestielten, oberseits glänzend dunkelgrünen, unterseits mattgrünen, am Rande welligen, grobdornig gezähnten Blättern an den unteren Zweigen, während dieselben etwa von Mannshöhe an häufig einen glatten unbewehrten Rand haben. Nur in West- und Südeuropa bildet die Stechpalme mehrhundertjährige, bis 15 m hohe und ½ m starke Bäume, während sie bei uns stets erheblich kleiner bleibt. Die kleinen, weissen Blüten stehen in den Blattachseln gehäuft, die erbsengrossen, scharlachroten Steinfrüchte enthalten 4 einsamige Steinkerne, die meist erst im 2. Jahre nach der Frühlingssaat keimen. Das gelblich bis grünlichweisse, zerstreutporige Holz mit kleinen Gefässen und sehr feinen Markstrahlen und Jahresringgrenzen ist hart und schwer (0,78), sehr gleichmässig und feinfaserig, schwerspaltig, schwindet stark und wirft sich sehr (Drechslerholz).

Staphylea pinnata Linné, die gemeine Pimpernuss, aus der Familie der Staphyleaceae, als Gartenzierstrauch allgemein beliebt, kommt meist vereinzelt und sehr zerstreut auf nahrhaftem, namentlich kalkreichem Boden und

lichten Standorten in Bergwäldern der rheinischen und süddeutschen Zone, sowie in den nördlichen Vorbergen des ganzen Alpenzugs (bis ca. 600 m) und sonst mitunter auch verwildert vor. Sie bildet stattliche, 2—5 m hohe Sträucher, die schon vor dem Abhieb reichlich schlanke Ausschlaglohden bilden, und hat gegenständige, 12—20 cm lange, unpaarig gefiederte Blätter mit meist nur zwei 5—9 cm langen, eiförmig zugespitzten Fiederpaaren. Die weissen, glockigen Blüten bilden trugdoldig verästelte, hängende Trauben; die ca. 4 cm grossen, dünnhäutigen, aufgeblasenen, grünen Früchte sind 3fächerig mit meist je einem verkehrt eiförmigen, glänzend gelbbraunen, ölreichen, essbaren, grossen Samen, der meist erst nach 1jährigem Ueberliegen keimt. Das zerstreutporige, gelblichweisse Holz mit deutlichen, zahlreichen Markstrahlen und Jahresringen ist sehr hart, schwer (0,82) und schwerspaltig (Drechslerholz).

Die Spindelbäume, Evonymus, aus der Familie der Celastraceae, sind Sträucher oder kleine Bäume mit einfachen, gegenständigen Blättern und spielen forstlich eine bescheidene Rolle als Unterholz. Die 4- oder 5zähligen Blüten stehen in achselständigen, langgestielten Trugdolden. Die sehr charakteristischen rosenroten Kapselfrüchte enthalten von fleischigem rotem Samenmantel (Arillus) umhüllte Samen.

1. Evonymus europaea Linné, der gemeine Spindelbaum oder das Pfaffenkäppchen (fr. Fusain) bildet sperrige Sträucher, seltener kleine Bäume (bis 6 m Höhe) mit grünen, durch Korkflügel vierkantigen Zweigen, mit ca. 4—6 cm langen, eilanzettlichen Blättern, 4zähligen, grünlichen Blüten, zahlreichen, ungeflügelten, meist stumpf 4lappigen Kapseln und weisslichen, vom orangeroten Arillus völlig eingehüllten Samen. Das Verbreitungsgebiet dieser häufigsten Art umfasst beinahe ganz Europa, wo er sich auf fruchtbarem, frischem, kalkreichem Boden zerstreut an Waldrändern, Hecken, Feldgehölzen, sowie in lichten Wäldern der Ebenen, Hügel und Vorberge wildwachsend findet. Er hat wie alle Spindelbäume ein kräftiges Ausschlagvermögen. Das Holz hart, gelbweiss (Drechslerholz).

2. Evonymus latifolius Scopoli, der breitblätterige Spindelbaum, ist ein 4—6 m hoher Strauch des Mittelmeergebietes, der nördlich bis zu den Alpenländern und dem südlichen Ungarn vorkommt, im allgemeinen aber selten ist. Die Blätter sind bis 10 cm lang und bis 6 cm breit, die bräunlichen Blüten meist 5zählig, die rutenförmigen, etwas zusammengedrückten Zweige ohne Korkflügel, die meist 5lappigen Kapseln geflügelt kantig, die Samen wie bei vorigem.

3. Evonymus verrucosus Scopoli, der warzige Spindelbaum, ist eine osteuropäische Holzart, in allen Teilen kleiner als der gemeine S., mit stielrunden, dicht mit grossen Korkwarzen bedeckten, olivgrünen Zweigen, 4zähligen Blüten und schwarzen, an dünnen Fäden lang aus den Fruchtfächern heraushängenden Samen, welche von dem hochroten Arillus nur zur Hälfte umhüllt sind.

§ 91. Die Familie der Aceraceae enthält ausser der Gattung Dipteronia mit 1 Art nur die ca. 100 baumartige Arten umfassende Gattung Acer, Ahorn. Blüten eingeschlechtig oder scheinzwittrig, 5- (selten) 4zählig, in endständigen Trauben oder Rispen, meist nur 8 Staubgefässe. Die männlichen Blüten besitzen lange Staubfäden und einen kleinen, verkümmerten Fruchtknoten, die scheinzwittrigen weiblichen dagegen einen wohlentwickelten Fruchtknoten und kurze, scheinbar normale, aber den Pollen nicht entleerende Staubfäden. Fruchtknoten 2fächerig, mit je 2 Samenknospen, bei der Reife in 2 einsamige

langgeflügelte, nussartige Teilfrüchte zerfallend. Blätter gegenständig, ohne Nebenblätter, meist handförmig gelappt, seltener ungeteilt oder gefiedert. Echte Gipfelknospen. Keimung mit Ausnahme von A. dasycarpum oberirdisch.

1. Acer Pseudoplatanus Linné, Bergahorn (fr. Erable). Knospen ansehnlich, grün beschuppt, an den Seiten der bräunlichgrauen, kahlen Zweige abstehend. Endknospe wie bei allen Ahornarten grösser. Blätter langgestielt, 8—16 cm lang, oberseits glänzend dunkelgrün, kahl, unterseits hell graugrün, in den Nervenwinkeln weissfilzig behaart, 5lappig mit herzförmigem Grund, die untersten Lappen viel kleiner als die 3 andern; Lappen am Grunde etwas verschmälert, mit konvexen Umrisslinien, spitz, grob gesägt, durch spitze Buchten getrennt. Blüten in endständigen, hängenden, aus 3blütigen Trugdolden zusammengesetzten Trauben, nach dem Laubausbruch erscheinend. Teilfrüchte erbsengross, mit langen, grünlichen, netzaderigen, kahlen Flügeln, deren Rückenlinien meist einen spitzen Winkel mit einander bilden. — Die Mannbarkeit tritt bei im Schlusse aus Samen erwachsenen Bäumen meist nicht vor dem 40., im Freistand nicht vor dem 25. Jahre ein, bei Stockausschlägen oft schon mit dem 10. Jahre, Laubausbruch im April, Blütezeit Ende April oder Mai, Fruchtreife im September, Abfall von Oktober an. Samenjahre in der Ebene fast alljährlich, im Gebirge alle 2—3 Jahre. Keimfähigkeit 50—60%, Dauer der Keimkraft ca. 1 Jahr. Das Auflaufen erfolgt bei Frühjahrssaat nach 5—6 Wochen mit grossen, zungenförmigen, parallelnervigen Keimblättern. Erstlingsblätter spitz eiförmig, grob gesägt. Die einjährige Pflanze wird 10—15 cm lang, der Höhenwuchs ist in der Jugend bis zum 20. oder 30. Jahre rascher als bei der Rotbuche, lässt dann nach und ist mit 80 bis 100 Jahren mit ca. 20—25 m Gesamthöhe abgeschlossen, doch dauert das Dickenwachstum unter günstigen Umständen noch sehr lange an und der Baum kann 2—3 m Durchmesser und ein Alter von 400—500 Jahre erreichen. Im Bestandesschluss bildet der Bergahorn sehr regelmässige, vollholzige, hoch hinauf astreine Stämme, während er im Freistand eine tiefangesetzte, sehr starkästige, mächtige, schattende Krone und einen dickeren, abholzigen Stamm entwickelt. Die in der Jugend vorhandene Pfahlwurzel lässt bald nach und im Alter besteht das Wurzelsystem aus einigen starken, tief in den Boden dringenden, wenig verzweigten Herzwurzeln, nur auf schlechtem Boden kommen weitausstreichende Seitenwurzeln zur Ausbildung. Das Stockausschlagvermögen liefert reichliche und raschwüchsige Ausschläge, ist aber nicht andauernd. Die Rinde bleibt sehr lange glatt und grau und bildet erst spät eine hellbräunliche, in flachen breiten Schuppen abblätternde, sehr charakteristische Borke. Das zerstreutporige Holz ist durchweg von schönweisser Splintfarbe, seine engen, sehr gleichmässig verteilten Gefässe sind mit blossem Auge nicht zu erkennen, die Jahrringgrenzen dagegen und die verschieden starken Markstrahlen sehr scharf. Das Bergahornholz ist ein zu sehr mannigfachen Zwecken brauchbares Nutzholz; es ist mittelschwer (0,53—0,79, im Mittel 0,60), ziemlich feinfaserig, atlasglänzend, fest, ziemlich elastisch, mittel-zähbiegsam, hart, schwer- aber geradspaltig, nur im Trocknen von Dauer, dem Wurmfrass wenig ausgesetzt, mässig schwindend und sehr brennkräftig. An alten, im Freistand erwachsenen Bäumen zeigt die untere Stammpartie oft schönen, sehr geschätzten Maserwuchs. Das natürliche Verbreitungsgebiet deckt sich ungefähr mit demjenigen der Weisstanne und ist, wie bei jener, durch Kultur weit über die natürlichen Grenzen erweitert; seine grösste Vollkommenheit erreicht der Baum in der Alpenzone. Er tritt meist nur eingesprengt oder horstweise, namentlich in Bergwäldern

oder freistehend auf Alpenmatten auf. Nach seinen Standortsansprüchen gehört er, mit Ausnahme der Wärme, an die er mässige Anforderungen stellt, zu den anspruchsvollsten Holzarten und erreicht nur auf sehr fruchtbarem, tiefgründigem und lockerem, mineralkräftigem Boden vollkommene Entwickelung. Ebenso gehört er zu den wasserbedürftigsten Holzarten und verlangt einen stets frischen Boden und gedeiht auch in feuchten Gebirgstälern freudig, nicht aber in stauender Nässe, in den tieferen Lagen die luftfeuchteren Schattenseiten, in den höheren die Sonnenseiten bevorzugend. Sein Lichtbedürfnis, etwa zwischen Eiche und Ulme stehend, ist, namentlich in der Jugend, auf günstigem Standort ein mässiges, und reine Horste verlichten sich verhältnismässig spät. In höherem Alter verträgt er aber die Ueberschirmung sowie die Bedrängung der Krone durch Nachbarbäume schlecht.

Das Variationsvermögen des Bergahorns betrifft nur die Gestalt der Blätter und Früchte, hinsichtlich deren beträchtliche Abweichungen vom Typus vorkommen.

2. Acer tataricum Linné, der tatarische Ahorn, ist eine südosteuropäische Holzart, die in den Wäldern der südöstlichen Hälfte Oesterreich-Ungarns eingesprengt wild vorkommt und hier meist nur Büsche oder kleine. bis 6 m hohe Bäume bildet. Die kleinen, 6—8 cm langen und etwas schmäleren Blätter sind beiderseits grün und am Rande ungeteilt oder doch nur seicht gelappt. Die ebenfalls nach der Entfaltung des Laubes aufbrechenden Blüten bilden endständige, aufrechte, reichblütige Rispen. Die Früchte haben meist schön purpurrot gefärbte, aufrechte, oft gekrümmte Flügel.

3. Acer platanoides Linné, der Spitzahorn, ist von geringerer Bedeutung für den Wald als der Bergahorn, von welchem er sich durch folgende Merkmale unterscheidet: Knospen etwas armschuppiger, meist rot überlaufen, den glänzend braunen Zweigen angedrückt. Blätter beiderseits kahl und glänzend grün mit buchtig und fein zugespitzt gezähnten Lappen, die durch gerundete Buchten von einander getrennt sind. Die Stiele und Rippen jüngerer Blätter enthalten einen weissen Milchsaft. Blüten (manchmal 2häusig) in aufrechten, reichblütigen Ebensträussen vor dem Laubausbruche (selten mit demselben) aufblühend. Die Flügel der beiden Teilfrüchte bilden mit ihren Rückenlinien einen sehr stumpfen Winkel. Die Samenproduktion ist im allgemeinen noch reichlicher. Die Mannbarkeit tritt 5—10 Jahre früher ein. Die Bewurzelung geht etwas weniger tief, aber mehr in die Breite. Der Höhen- und Stärkewuchs ist, wenigstens in Mitteleuropa, im ganzen geringer als beim Bergahorn, wenn auch anfänglich etwas rascher. Das Alter überschreitet selten 150 Jahre. Die Rinde bildet frühzeitig eine vorwiegend längsrissige, schwärzliche, nicht abblätternde Borke. Das Holz ist dem des Bergahorns sehr ähnlich, schwer (0,56—0,81, im Mittel 0,74), etwas grobfaseriger und steht jenem an Güte und Wert etwas nach. — Das natürliche Verbreitungsgebiet des Spitzahorns umfasst die nördliche Hälfte Europas, wo er in Schweden bis 61°, in Norwegen bis 63° n. B. geht. Vorwiegend ein Baum der Ebene und des Hügellandes, bleibt er in den Alpen, wo er viel seltener als der Bergahorn ist, hinsichtlich der Höhenverbreitung weit hinter demselben zurück. Im nördlichen Mitteleuropa ist er viel häufiger, namentlich in Auenwäldern, als im südlichen, kommt aber auch dort fast stets nur eingesprengt vor. In seinen Standortsansprüchen ist er etwas bescheidener als der Bergahorn, namentlich hinsichtlich der Tiefgründigkeit und Frische des Bodens; er kann aber noch auf nassem Bruchboden fortkommen und zeigt überhaupt ein etwas grösseres Anpassungsvermögen.

3. Acer campestre Linné, der Feldahorn oder Massholder, hat kleine, ca. 5—7 cm lange, handförmig (3—)5lappige Blätter mit meist stumpfen Lappen, von denen der mittelste stets 3lappig ist, während die seitlichen ganzrandig oder gelappt sind. Blattstiele und junge Triebe wie beim Spitzahorn mit Milchsaft. Blüten in aufrechten oder zuletzt überhängenden Ebensträussen, meist mit, seltener nach der Entfaltung der Blätter aufblühend. Früchte etwas kleiner als bei vorigen mit gerade abstehenden, oft einen überstumpfen Winkel bildenden rötlichen Flügeln. — Der Feldahorn ist von den einheimischen Arten am trägwüchsigsten, bleibt auf schlechtem Boden vielfach strauchartig oder entwickelt bis höchstens 10 m hohe Bäume, während er unter günstigsten Bedingungen in 50—60 Jahren 12—14 m Höhe, ausnahmsweise später auch 20 m erreichen kann und, namentlich im Freistand, erheblich über 100 Jahre alt und 60—70 cm stark werden kann. Bewurzelung reich verästelt und je nach Standort mehr oder weniger tief. Rinde jung lebhaft braun und glänzend, an ein- und mehrjährigen Zweigen, namentlich bei strauchigen Formen, oft von echtem Kork ringsum korkflügelig, später eine netzartig aufgerissene (im Schlusse eine mehr rechteckig gefelderte) hell-graubraune, korkreiche Borke bildend. Das häufig Maserwuchs zeigende Holz ist rötlichweiss, lässt die Markstrahlen mit blossem Auge meist nicht mehr erkennen und enthält zuweilen bräunliche Markflecke; es ist noch etwas schwerspaltiger als das der vorigen Arten, mit denen es sonst im wesentlichen übereinstimmt, ein geschätztes Material für Drechsler und Bildschnitzer. — Das Verbreitungsgebiet des Feldahorns umfasst, mit sehr ungleicher Verteilung, den grössten Teil Europas mit Ausnahme des nördlichen Skandinaviens und Russlands, sowie Griechenlands und der Südhälfte Spaniens. Als Baum der Ebenen und des Hügellandes findet er sich in Feldgehölzen und Hecken, an Waldrändern und eingesprengt im Mittel- und Niederwald. Auch als Heckenpflanze wird er wegen seines grossen Ausschlagvermögens gelegentlich gezogen. In seinen Standortsansprüchen ist er hinsichtlich des Bodens genügsamer und anpassungsfähiger als der Berg- und Spitzahorn, verträgt auch mehr Beschattung, obwohl er nur im vollen Lichtgenuss zum stattlichen Baume erwächst; dagegen ist er wärmebedürftiger.

Hinsichtlich der Grösse und Zerteilung der Blätter variiert der Feldahorn in der Natur mehr als die anderen einheimischen Arten.

§ 92. 4. Acer monspessulanum Linné (Syn. A. trilobum Mönch), der dreilappige oder französische Ahorn, ist eine trägwüchsige, in ihrer äusseren Erscheinung dem Feldahorn ähnliche Holzart, die mit Vorliebe sonnige, steinige Standorte bewohnt und sich ausser im ganzen Mittelmeergebiet als Holzart des Berglandes in den südlichen Kronländern Oesterreich-Ungarns, in der südlichen und westlichen Schweiz, in der Pfalz und im mittleren Rheingebiet und Umgegend zerstreut vorfindet. Die kleinen, 4—6 cm langen, 3lappigen und 3nervigen, unterseits graugrünen Blätter mit meist ungeteilten bis welligen, stumpfen Lappen und die kahlen Früchte, deren kahle, rötliche Flügel abstehen und mit den Rändern oft übereinander greifen, unterscheiden ihn leicht vom Feldahorn.

5. Acer obtusatum Waldstein et Kitaibel, der stumpfblätterige Ahorn, ist eine südeuropäische, am häufigsten auf der Balkanhalbinsel auftretende Holzart, die bis Istrien und Dalmatien sowie dem südlichen Ungarn nordwärts verbreitet ist und einzeln oder horstweise eingesprengt in Gebirgswäldern mit frischem Kalkboden vorkommt. Der raschwüchsige, 15—20 m Höhe erreichende, im Aussehen dem Bergahorn ähnliche Baum hat bis 10 cm lange, sehr variable, 3- bis 5lappige, oberseits kahle, unterseits oft bleibend graufilzige Blätter mit stumpfen bis stumpf gezähnten kurzen Lappen und behaarten Stielen und schlaff hängende,

lockeren Quasten ähnliche, vielblütige Doldentrauben. Die kahlen Früchte haben meist rechtwinkelig divergierende Flügel. — Als Zierbaum bis zum südlichen Norwegen angebaut.

Von den sehr zahlreichen bei uns in Gärten und Anlagen kultivierten ausländischen Ahornarten sind folgende 3 Amerikaner in den Kreis der forstlichen Anbauversuche gezogen worden:

6. Acer saccharinum Wangenheim (nicht Linné) der Zuckerahorn (Syn. A. nigrum und A. barbatum Michaux; A. Saccharum Marshall der neuen amerikanischen Nomenklatur), aus dessen Saft in seiner Heimat Zucker bereitet wird, ein Baum, um den wir, nach Mayr, allen Grund haben, die Amerikaner zu beneiden, ist im ganzen östlichen Nordamerika von Neufoundland bis Texas und Florida verbreitet und im nördlichen, klimatisch unseren Buchenrevieren ähnlichen Teil dieses grossen Gebietes hervorragend an der Waldbildung beteiligt, so am Südufer des Lake superior, wo $^3/_4$ der dortigen grossen Waldungen aus dieser Holzart bestehen, die dort in 150—200 Jahren im Durchschnitt 27 m Höhe mit bis 14 m astlosem Schaft bei 67 cm mittlerem Durchmesser erreicht haben; auch in Deutschland haben wir alte Stämme von 25—30 m, da der Baum schon 1735 als Parkbaum eingeführt wurde. Blätter variabel, 3—5lappig, denen des Spitzahorns ähnlich, aber nicht milchend, mit gerundeten Buchten, unterseits meist graugrün und zerstreut weichhaarig, vor Eintritt des Frostes im Herbste orange-purpurrot. Blüten in schlaffhängenden Ebensträussen, lang gestielt, ohne Blumenkrone. Früchte kahl, kugelig, mit ziemlich breiten, aufgerichteten Flügeln. Die hellgraue, lange geschlossen bleibende Rinde bildet eine braune, schmalrissige Borke, die sich im hohen Alter in lose hängenden Fetzen abschält. Das sehr wertvolle rötlichweisse Holz ist ziemlich schwer (0,65—0,75), fest, seidenglänzend und ziemlich feinfaserig, schwer aber glattspaltig und zeigt ziemlich häufig schöne Maserbildung. In seinen Standortsansprüchen steht der Zuckerahorn unserem Spitzahorn nahe, er hat eine tief gehende Bewurzelung, ist in den ersten Lebensjahren etwas trägwüchsiger und verlangt Seitenschutz; vom 5. Jahre geht er bei uns in die Höhe und ist mit 6 Jahren schon 2 m hoch. Er ist voraussichtlich als eine wertvolle Einführung zu betrachten.

7. Acer dasycarpum Ehrhart (= A. saccharinum Linné der neueren amerikanischen Nomenklatur!) der Silberahorn, auch weisser oder wollfrüchtiger Ahorn genannt, stammt aus dem gleichen Verbreitungsgebiet wie der vorige, mit dem Optimum im Ufergebiet des Ohio. Schon in der 1. Hälfte des 17. Jahrhunderts in Europa eingeführt, ist der schöne, raschwüchsige Baum, der frischen, lockeren, kräftigen Boden verlangt, schon in der Jugend ein äusserst kräftiges Wurzelsystem entwickelt und bei uns vollständig frost- und winterhart ist, vielfach als Zier- und Alleebaum angepflanzt. Die zierlich geformten Blätter sind bis 12 cm lang, oberseits glänzend dunkelgrün, unterseits matt bläulichweiss, tief handförmig 5lappig, die tief eingeschnitten gesägten Lappen berühren sich wie zwei sich schneidende Kreisbogen. Endknospen mit den beiden untersten, bis zur Spitze reichenden Schuppen die übrigen verdeckend, Seitenknospen angedrückt, mehrschuppig. Blüten rötlich, im Gegensatz zu allen vorhergehenden ohne Discus, sehr kurz gestielt, ohne Blumenkrone, in dichten Büscheln lange vor dem Laubausbruch aus Seitenknospen hervorbrechend; Fruchtknoten dicht filzig; Früchte zuletzt kahl, mit sehr grossen Flügeln, schon in der 1. Hälfte Juni reifend und am besten gleich ausgesät. Keimung nach 14 Tagen bis 3 Wochen. Einjährige Pflanzen bei uns 20—30 cm lang, in Amerika nach Mayr bis 70 cm.

50jährige Bäume erreichen noch in Mitteldeutschland bis 30 m Höhe. Die lange glatt bleibende graue Rinde bildet später eine dünnschuppige Borke. Das weissliche Holz ist mittelschwer (0,52—0,71), leichtspaltig, aber nicht elastisch, unsern einheimischen Arten nachstehend. Da überdies der Baum Neigungen sperriger Kronenbildung aufweist und wegen seines leichten, spröden Holzes leicht vom Winde zerfetzt wird, dürfte seine Anbauwürdigkeit im Walde eine beschränkte bleiben.

8. Acer negundo Linné (Syn. Negundo aceroides), der östliche eschenblätterige Ahorn, ist gleichfalls ein bei uns, namentlich in Süddeutschland, vielfach als Park- und Strassenbaum angepflanzter Ahorn des östlichen Nordamerika, wo er vom Lorenzostrom bis zum Mississippidelta und westlich bis zum Felsengebirge als einer der häufigsten Waldbäume verbreitet ist, nach Mayr aber nur im tiefen, kräftigen Boden der Flussniederungen einen nutzbaren Schaft von geringem Gebrauchswert entwickelt. Blätter gross, unpaarig gefiedert, mit meist 2, seltener 1 oder 3—5 Paaren von eilanzettlichen, 5—10 cm langen, meist kahlen, seltener unterseits etwas behaarten Fiederblättchen. Blüten lange vor dem Laubausbruch aus seitenständigen Knospen, 2häusig, klein, grünlich, ohne Discus und Blumenkrone, die männlichen langgestielt, mit nur 4—6 sehr langen und feinen Staubfäden, in hängenden Büscheln, die weiblichen in schlaffen, hängenden Trauben. Früchte klein, kahl, auffallend hell, mit durchscheinenden, spitzwinkelig zusammenstossenden, oft einwärts gekrümmten Flügeln. Die anfangs glatt gelbgraue Rinde bildet später eine quer- und längsrissige dicke Borke. Das Holz ist hellgelb, von spez. Gewicht 0,55—0,60, hart und spröde. — Der eschenblätterige Ahorn ist auch bei uns in der Jugend ungemein raschwüchsig, (Jährlinge bis 1 m, 3jährige bis 3 m, 9jährige bis 7 (und 9) m!), doch lässt der Höhenwuchs meist schon vom 6. Jahre ab nach und wird dann von unseren gewöhnlichen Ahornarten überholt; ausserdem ist der Wuchs der sehr starken Krone ein ungemein sperriger. Schon im 1. Jahre entwickelt diese Art eine bis 50 cm lange Pfahlwurzel mit mehreren kräftigen Seitenwurzeln; später überwiegt das Wachstum der Seitenwurzeln, die bereits im 3. Jahre 1½ m Länge erreichen können. Diese sehr frühzeitig ergrünende, gegen Beschattung empfindliche Lichtholzart besitzt ein grosses Ausschlagvermögen, ist namentlich auf Freilagen etwas frostempfindlich und verlangt einen frischen bis feuchten, lockeren, etwas lehmigen Boden, gedeiht sogar auf Moorboden noch recht gut, während er auf trockenem Boden überall versagt hat. Die neueren Anbauversuche wurden mit der durch besondere Raschwüchsigkeit ausgezeichneten Form violaceum mit violett bereiften Zweigen ausgeführt. Wenn diese Form von den Gärtnern vielfach auch als A. negundo californicum bezeichnet wird, so kann dies nur zu unliebsamen Verwechselungen führen; der echte A. californicum Torrey et Gray ist ein kleiner, frostempfindlicher, bei uns nicht mehr gedeihender Baum, mit sammetfilzigen jüngeren Zweigen und Blattstielen und unterseits weichhaarigen Blättern.

§ 93. Aus der Familie der Hippocastaneaceae ist die in den Gebirgen Nordgriechenlands in schattigen Waldschluchten der unteren Tannenregion, in einer Meereshöhe von 1000—1300 m heimische, als Zier- und Alleebaum allenthalben verbreitete Aesculus hippocastanum Linné, die gemeine Rosskastanie (fr. Marronier) ihrer Schönheit und ihrer als Wildfutter wertvollen, sehr stärkereichen Samen halber meist von bescheidener forstlicher Bedeutung und an Waldstrassen, Bestandesrändern und freien Plätzen im Walde gelegentlich angepflanzt. Knospen sehr gross, namentlich die Endknospen, klebrig, glänzend. Blätter

gegenständig, langgestielt, gefingert mit 5—7 verkehrt eiförmigen, gespitzten, am Rande doppelt gesägten, bis 20 cm langen, sitzenden Blättchen. Blüten nach dem Laubausbruch in grossen, aufrechten, schlank kegelförmigen, aus Wickeln zusammengesetzten Trauben, zumeist rein männlich, zum kleinen Teil zwitterig oder weiblich, mit meist 5 weissen, gelb- oder rotgefleckten Blumenblättern und meist 7 niedergebogenen Staubfäden. Fruchtkapseln bis 5 cm gross, kugelig, ziemlich weichstachelig, 3 grosse rotbraune, rundliche Samen, die „Rosskastanien“ enthaltend, die den „Früchten“ der Edelkastanie sehr ähneln und mit dicken, fleischigen Keimblättern 3—4 Wochen nach Frühlingssaat keimen. Die junge Pflanze erreicht schon im 1. Jahre eine Höhe vom $^1/_2$ m und bildet eine lange Pfahlwurzel, die aber später bald nachlässt, so dass die Bewurzelung hauptsächlich flach und weit ausstreichend wird. Das mässige Ausschlagvermögen ist nicht andauernd und liefert nur Stocklohden. Der raschwüchsige Baum, der auf gutem Standort schon mit 10—15 Jahren mannbar werden kann, hat in der Regel eine tiefangesetzte, starkästige, breite Krone, die durch die Horizontalstellung der grossen Blätter sehr schattet, aber ähnlich der Linde und Weissbuche auch viel Schatten verträgt. Die Höhe des Baumes kann bis 20 m, die Dicke bis über 1 m, das Alter bis ca. 200 Jahren betragen. Der kurze, starke, vollholzige Stamm ist stets nach rechts drehwüchsig. Die schwarzgraubraune, lange geschlossen bleibende Rinde bildet später eine in dünnen Schuppen abblätternde Borke. Das sehr gleichmässige, mässig schwindende (5%), leichte, gelblichweisse, weiche und leichtspaltige, zerstreutporige Holz hat geringe Dauer, unzureichende Festigkeit und geringen Brennwert. Zu vollkommener Entwicklung beansprucht die Rosskastanie einen lockeren, humosen, sandigen, ziemlich tiefgründigen Boden von mässiger Frische, während sie hinsichtlich des Klimas sehr anpassungsfähig und ziemlich anspruchslos ist (gedeiht noch bis zum 68° in Norwegen).

2. Aesculus carnea Willdenow (= A. rubicunda Lodd), die rote Rosskastanie, wahrscheinlich ein Bastard zwischen der vorigen und der amerikanischen Pavia rubra, hat kleinere, kurzgestielte Blättchen, die in der Mitte am breitesten sind, rosa bis purpurrote, gelbgefleckte, beinahe 2lippig glockig zusammenschliessende Blumenblätter, aufrechte Staubfäden (meist 8), nicht klebrige Knospen und kleinere, meist glatte, seltener teilweise stachelige Früchte. Häufig als Zier- und Alleebaum, etwas frostempfindlicher, ca. 14 Tage später blühend.

Die Gattung Pavia hat nicht klebrige Knospen, deutlich gestielte Blättchen, 4 langgenagelte Blumenblätter, 7—8 behaarte Staubfäden und meist stachellose, nur halb so grosse Früchte.

§ 94. Paliurus aculeatus Lamarck (syn. P. australis Gärtner), der gemeine Stechdorn aus der Familie der Rhamnaceae, ist ein im ganzen Mittelmeergebiet verbreiteter, bis zur Südschweiz, Südtirol, Krain und dem österreichischen Küstenlande reichender, 2—5 m hoher, sehr sperriger Strauch, der auf steinigen sonnigen Plätzen wächst, oft auch zu Hecken angebaut wird und im Walde seiner scharfen Dornen halber ein höchst lästiges Forstunkraut ist. Er hat ca. 2—3 cm lange, eiförmige, 2zeilig gestellte Blätter mit 3 Längsrippen; die Nebenblätter sind in scharfe Dornen umgewandelt, von denen der eine vorgestreckt, der andere zurückgekrümmt ist.

1. Rhamnus cathartica Linné, der gemeine Kreuzdorn (franz. Nerprun), mit 3—6 cm grossen, breit eilanzettlichen, feingesägten, gegenständigen Blättern mit bogenläufigen Nerven, 2häusigen, in achselständigen Büscheln

stehenden, kleinen, grünlichen, 4zähligen Blüten und erbsengrossen schwarzen Steinfrüchten mit meist 4 Kernen, bildet sehr sperrige Sträucher von 2—3 m Höhe, seltener kleine Bäume, die 6—8 m hoch und über ein Jahrhundert alt werden können. Fast sämtliche Langtriebe endigen mit einem stechenden Dorn; nur die knotigen Kurztriebe älterer Sträucher besitzen eine Endknospe. Das sehr dauerhafte, harte, schwerspaltige, im Kern schön orangerote Holz ist durch die Verteilung der Gefässe im Jahresring „geflammt“ und ein geschätztes Drechslerholz; die Beeren liefern Farbstoffe. Der Stockausschlag nach dem Abhieb ist unbedeutend, dagegen bildet er leicht Wurzelsprosse und Absenker, durch die er sich besser als durch Samen vermehren lässt. — Der Kreuzdorn ist eine trägwüchsige, lichtbedürftige Holzart der Ebene und des Hügellandes, besonders auf steinigem Kalkboden an Waldrändern, als Unterholz in lichten Wäldern, in Feldgehölzen und Hecken durch beinahe ganz Europa mit Ausnahme des höheren Nordens verbreitet.

Rhamnus saxatilis Jacquin und Rhamnus intermedia Steudel et Hochstetter sind südeuropäische, kleinblätterige, sperrig-dornige Kleinsträucher ohne forstliche Bedeutung, von denen der erstere mit 2—3 cm langen zarten Blättern noch in Süddeutschland vorkommt, der letztere mit nur 1—$1^1/_2$ cm langen derben Blättern aber über die österreichischen südlichen Alpenländer nicht hinausgeht. Zu den Wegdornen mit einzeln stehenden Blättern und dornenlosen Zweigen und ebenfalls 2häusigen, meist 4zähligen Blüten gehören: 2. Rhamnus carniolica Kerner, der steyrische Wegedorn, ein bis 3 m hoher Strauch der südöstlichen Kalkalpen, bis Croatien und Dalmatien an felsigen Abhängen wie als Unterholz in Nadelwäldern verbreitet, mit weissbucheähnlichen, 5—10 cm langen Blättern, die 16—20 parallele Nervenpaare besitzen. 3. Rhamnus alpina Linné, mit vorstehendem oft verwechselt, mit etwas breiteren, mehr an die Weisserle erinnernden Blättern, die im allgemeinen nur 10 - 14 Nervenpaare besitzen, hauptsächlich im felsigen Buschwald der Westschweiz und des Jura zerstreut. 4. Rhamnus pumila Linné, der zwergige Wegedorn, ein Kriechstrauch der Kalkalpen mit meist nur 6 Nervenpaaren und knorrigen Zweigen, sowie 5. Rhamnus Alaternus Linné, der immergrüne Wegedorn, mit ca. 3—6 cm langen lederigen Blättern von mehrjähriger Dauer, der ansehnliche, zuweilen baumartige Sträucher von 2—5 m Höhe im Mittelmeergebiet und auch in Istrien und Dalmatien bildet.

Zu den Faulbäumen mit nackten Knospen, 5zähligen Zwitterblüten und bei der Keimung unterirdisch bleibenden dicken Keimblättern gehört:

6. Rhamnus Frangula Linné, der gemeine Faulbaum oder das Pulverholz (syn. Frangula Alnus Miller) mit braunfilzigen Knospen, 4—7 cm langen, meist verkehrt eiförmigen, ganzrandigen, kurzgespitzten, fiedernervigen Blättern, weisslichen, in kleinen blattwinkelständigen Trugdolden stehenden Blüten und schwarzen, höchstens drei Steinkerne enthaltenden, kugeligen Steinfrüchten, bildet ansehnliche Büsche oder kleine 5—7 m hohe Bäume mit aufstrebenden rutenförmigen Zweigen, deren violett- oder dunkelbleigraue, innen gelbe Rinde mit sehr auffälligen weisslichen Lenticellen besetzt ist. Das Holz hat sehr schmalen gelblichen Splint, leuchtend gelbroten Kern mit gleichmässig zerstreuten, kleinen Gefässen, ist grobfaserig, weich, leicht spaltbar, gerbstoffreich, 0,57—0,61 schwer und liefert die vorzüglichste Kohle zur Schiesspulverbereitung. — Die in der Jugend raschwüchsige Holzart, die nach dem Abhieb reichlichen und raschwachsenden Stockausschlag liefert und sich auch durch Wurzelbrut vermehrt, liebt frischen bis anhaltend feuchten Boden, verträgt selbst noch sumpfigen und moorigen Boden und kommt als häufiges Unterholz in Mittel- und Niederwäldern, am liebsten in Auwaldungen durch

fast ganz Europa in der Ebene wie im Gebirge vor.

7. Rhamnus rupestris Scopoli, der Felsenfaulbaum, ist ein Bewohner felsiger, sonniger Orte der südöstlichen Kalkalpen, Istriens und Dalmatiens als Bodenschutzholz und unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Faulbaum durch kleinere (3—3½ cm lange), derbere, am Rande knorpelig kerbzähnige Blätter, flaumhaarige Zweige, hellere Rinde und niedrigen, oft knorrigen Wuchs.

§ 95. Die Familie der Tiliaceae mit ca. 270 meist tropischen Arten ist nur durch die Gattung Tilia, Linde, vertreten. Blätter 2zeilig, mit abfallenden zungenförmigen Nebenblättern. Jahrestriebe ohne Gipfelknospe. 5 Kelch-, 5 Blumenblätter, zahlreiche Staubgefässe, 5fächeriger Fruchtknoten mit 2 Samenanlagen in jedem Fach. Die langgestielten trugdoldigen Blütenstände sind mit einem eigentümlichen bleichgrünen Blatt, dem „Flügelblatt" verwachsen und stehen neben einer Knospe in den Achseln von Laubblättern. Der Blütenstand ist der Achselspross, welcher mit 2 Blättern, dem Flügelblatt und einer diesem gegenüberstehenden Knospenschuppe, beginnt. In der Achsel der letzteren steht die Winterknospe. Von den 10 Lindenarten sind nur 3 in Mitteleuropa einheimisch. Nervatur der Blätter handförmig, mit stärkerer, fiederförmig verzweigter Mittelrippe und schwächeren Seitennerven, welche nur nach aussen parallele Nebenrippen entsenden. Alle parallelen Nebenrippen sind durch bogig gekrümmte, rechtwinkelig abgehende Nerven mit einander verbunden.

1. Tilia parvifolia Ehrhart (syn. T. cordata Miller, ulmifolia Scopoli.) Kleinblättrige Linde, Winterlinde (franz. Tilleul). Knospen etwas schief über kleinen Blattnarben, stumpf eiförmig, mit zwei glatten grünen Schuppen. Blätter sehr vielgestaltig, langgestielt, am Grunde ungleich, breitherzförmig, lang zugespitzt, am Rande gesägt, ca. 4—7 cm lang, oberseits dunkelgrün, kahl, unterseits (ausser bei Stockausschlägen und Schattenblättern) bläulichgrün, in den Nervenwinkeln rostrot gebartet. Blütenstände reichblütig (meist 5—11, mindestens aber mehr als 3), gewöhnlich länger als das Tragblatt, durch Umdrehung des Flügelblattes, das meist nicht bis zur Basis des Stieles herabreicht, nach oben gewendet. Blumenblätter und Griffel kürzer als die (ca. 30) Staubgefässe. Frucht ein einsamiges, rostbraunes, birnförmiges Nüsschen, dessen Fruchtwand sich leicht zwischen den Fingern zerdrücken lässt. — Die Mannbarkeit tritt frühzeitig ein, im Freistand mit 20—30 Jahren, an Stocklohden oft schon mit 15—20 Jahren, und der Baum blüht und fruchtet dann fast alljährlich reichlich. Laubausbruch je nach Klima und Lage Anfang April bis Anfang Juni, Blütezeit Juni oder Juli. Fruchtreife im August oder September. Keimfähigkeit 50—60%. Die Keimung der im Frühjahr gesäten Früchte erfolgt gewöhnlich erst im nächsten Frühjahr oberirdisch mit zwei grossen, handförmig gelappten Keimblättern. Der Höhenwuchs ist in den ersten Lebensjahren sehr langsam, dann, bis etwa zum 60. Jahre rascher, aber selten mehr als 15 cm pro Jahr, hierauf wieder langsamer und mit ca. 130 bis 150 Jahren mit ca. 18 m beendet. Das Dickenwachstum kann noch mehrere Jahrhunderte lang andauern und ganz gewaltige Dimensionen liefern. Im Freistand bildet die Winterlinde sehr kurze, dicke Stämme mit sehr tief angesetzter, breit ausladender, viel- und starkästiger, dichtbeblätterter, sanft abgewölbter Krone, im Schlusse dagegen vermag sie zu einem bis 25 m hohen, vollholzigen, astreinen Baum, mit hoch angesetzter, kleinerer, kugelförmiger Krone zu erwachsen.

Stamm- und Kronenbildung erinnert an die Eichen, Blattstellung an Buchen und

Ulmen. Das Ausschlagvermögen und ebenso die Neigung zur Maserbildung am unteren Ende des Stammes ist sehr beträchtlich. Bewurzelung kräftig, aus mehreren in die Tiefe gehenden starken Herzwurzeln und oberflächlich oft weitstreichenden Seitenwurzeln. Rinde sehr reich an zähen, dickwandigen Bastfaserbündeln, die auf dem Querschnitt in keilförmigen Figuren angeordnet sind, an jungen Zweigen braun, glatt, im Alter eine dunkelfarbige, längsgefurchte Tafelborke bildend. Das zerstreutporige, rötlich- oder gelblichweisse Holz ohne gefärbten Kern, schwindet stark (7%), ist auf den Spaltflächen schwach seidenglänzend, ziemlich grobfaserig, aber gleichmässig gefügt, leicht (0,52), sehr weich, leicht- aber nicht glattspaltig, elastisch, in mittlerem Grade biegsam, wenig fest und dauerhaft und nur im Trockenen zu verwenden (Schnitzholz), wenig brennkräftig. Die Markstrahlen sind auf dem Querschnitt mit blossem Auge noch als feine Linien sichtbar, die Jahrringgrenzen infolge des geringen Unterschieds zwischen Frühjahrs- und Herbstholz undeutlich, die Gefässe sind zahlreicher als beim Ahorn und nicht wie bei Betula zu Gruppen vereinigt. — Das Verbreitungsgebiet der Winterlinde umfasst den grössten Teil Europas und ist sie in dessen nördlicher Hälfte die einzige wildwachsende Lindenart. An der Waldbildung ist sie im allgemeinen in untergeordnetem Masse beteiligt, besonders in der südwestlichen Hälfte Mitteleuropas, während sie in der nordöstlichen, in Laub- und Mischwäldern eingesprengt oder an Waldrändern häufiger vorkommt; bestandbildend tritt sie, meist mit Eichen gemengt, seltener rein, fast nur im mittleren Russland auf. Als Baumart des Flachlandes ist ihre Höhenverbreitung im allgemeinen gering, bis ca. 600 m, nur in der Schweiz und in Tirol soll sie bis 1200 m emporsteigen. In ihren Standortsansprüchen ist sie hinsichtlich ihres Wärme- und Lichtbedürfnisses (Schattenholzart) sehr bescheiden und gedeiht auf den verschiedenartigsten Böden gut, vorausgesetzt, dass dieselben tiefgründig, mineralkräftig, frisch und locker sind; sehr trockener und leichter Boden sagt ihr nicht zu.

2. Tilia grandifolia Ehrhart (syn. T. platyphyllos Scopoli.) Grossblätterige Linde, Sommerlinde, Baum vom Wuchse der vorhergehenden Art, die sie an Schönheit der Erscheinung noch übertrifft, noch weniger Waldbaum, als Allee- und Parkbaum wie als Dorflinde aber häufiger angepflanzt. Knospen und Zweige im allgemeinen derber, Blätter noch variabler, grösser, ca. 4—10 cm lang, weicher, meist beiderseits etwas behaart, unterseits graugrün, in den Nervenwinkeln weisslich gebartet. Blütenstände arm- (meist 2—5) blütig, hängend, mit nicht umgewendetem, häufig bis zum Grunde des Stieles herabreichendem Flügelblatt. Blüten etwas grösser, sonst wie bei voriger, ca. 14 Tage früher aufblühend, wie denn die Sommerlinde sich auch um so viel früher belaubt. Früchte ebenfalls grösser, mit 5 kräftigen Längsrippen, hartschalig, nicht zwischen den Fingern zerdrückbar. Die Entwickelung ist ähnlich wie bei der Winterlinde, der Höhenwuchs etwas rascher, die Gesamthöhe (bis 33 m), der Stammumfang (bis 16 m) grösser und das Maximalalter (über 1000 Jahre) höher. Die berühmten alten (tausendjährigen) Linden gehören fast alle hierher; die älteste und stärkste derselben in Deutschland dürfte die vom Staffelstein in Bayern sein, die aber jetzt nur noch eine dem Absterben nahe Ruine ist.

Das Holz ist noch weniger dicht (0,49), noch weicher und etwas weniger biegsam, schwindet etwas weniger (5,6%) und hat noch geringere Brennkraft (68). Das Verbreitungsgebiet der Sommerlinde umfasst die südliche Hälfte Europas bis zu den Kaukasusländern und bis zum Ural. Ueber das mittlere Deutschland dürfte ihr natürliches Vorkommen nicht hinausreichen. Auch bei ihr liegt das Maximum des Vorkommens in Russland und zwar im südlicheren, wo sie teils in reinem Bestand,

teils mit Winterlinde und Stieleiche ausgedehnte Waldungen bildet. In den süddeutschen Gebirgen steigt sie etwas höher empor. Ihre Standortsansprüche sind ähnlich, aber etwas höher wie bei der Winterlinde.

3. Tilia tomentosa Mönch (syn. T. argentea Desf., alba Waldst. et Kit.) Ungarische Silberlinde, eine auf Südosteuropa und den Orient beschränkte Lindenart, welche im Hügellande Südungarns und Kroatiens an der Waldbildung teilnimmt und zum Teil geschlossene Bestände bilden soll. Die Blätter sind unterseits silberweiss sternfilzig, von der Grösse der Sommerlinde oder grösser (bis 15 cm), die Knospen ebenfalls filzig. Blütenstände reichblütig, hängend, kürzer als die Blätter. Blüten kleiner, Blumenblätter scheinbar 10, indem die 5 äussersten Staubgefässe zu blumenblattartigen Staminodien umgebildet sind, wie bei den amerikanischen Linden, ebenso Blumenblätter und Griffel (zuletzt) länger als die sehr zahlreichen (ca. 50 und mehr) Staubgefässe. Von der amerikanischen Silberlinde, T. alba Aiton, ist sie auch durch die schwach oder kaum gerippten Nüsschen unterschieden, während diese bei T. alba 5knotig und der Blütenstand wenigblütig ist.

Von allen 3 Linden sind zahlreiche Formen, die zum grossen Teil eigene Namen erhalten haben, nach Gestalt und Behaarung der Blätter, des Blütenstandes und der Früchte unterschieden worden; ausserdem existiert eine Anzahl Bastarde zwischen ihnen sowohl, wie auch (in Anlagen) mit den amerikanischen und asiatischen bei uns angepflanzten Linden.

§ 96. Myricaria germanica Desvaux (syn. Tamarix germanica L.) Deutsche Tamariske aus der Familie der Tamaricaceae, 1—2 m hoher Strauch, mit gelbgrünen bis purpurroten, rutenförmigen Zweigen, hellblaugrünen, schuppenförmigen, dem gemeinen Heidekraut ähnlich gestalteten Blättern und kleinen, blassrosa gefärbten, in endständigen gedrungenen Aehren stehenden Blüten, bewohnt in kleinen, dichten Beständen kiesige Ufer und Sandbänke der Alpen- und Karpathenflüsse, dieselben namentlich im Donau- und Rheingebiet weit in die Ebene begleitend. Ausschlagvermögen aus übersandeten Aesten und Zweigen sehr gross.

Hippophaë rhamnoïdes Linné. Gemeiner Sanddorn, Oelweide, Seekreuzdorn, aus der Familie der Elaeagnaceae. Der auffallend sperrige, 2häusige Strauch von 2½—3 m, seltener kleine Baum von 5—7 m, mit 5—8 cm langen, schmalen, oberseits graugrünen, unterseits silberweiss beschuppten Blättern, scharf dornspitzigen Zweigen und zahlreichen, leuchtend orangegelben, erbsengrossen Scheinbeeren (vom fleischig gewordenen Perigon umgebenen Nüsschen), bewohnt ganz Europa und findet sich in Mitteleuropa auf Sandboden der Nord- und Ostseeküsten, sowie auf sandigem oder kiesigem Alluvium der Alpenflüsse, häufig in Gesellschaft der vorigen, sowie von Salix incana. Vermöge seiner weit ausstreichenden, reichlich Wurzelbrut liefernden Bewurzelung eignet er sich zur Bindung von Flugsand an Flussufern und Meeresküsten, auch zur Heckenbildung. Das 0,66—0,73 schwere Holz besitzt schmalen gelblichen Splint, lebhaft braunen Kern, schönen Seidenglanz auf dem Längsschnitt und ist zu Drechslerarbeiten benutzbar.

Hedera helix Linné, der gemeine Epheu aus der den Umbelliferen nahe stehenden Familie der Araliaceae, hat an den auf dem Waldboden kriechenden, an Bäumen und Mauern kletternden, unfruchtbaren, jugendlichen Trieben stumpf fünflappige, mattgrüne Blätter und zahlreiche, gleich hinter dem Vegetationspunkt des Stämmchens angelegte Kletterwurzeln auf der Schattenseite, an alten Pflanzen oben am Stamm und in der Krone der Bäume von der Unterlage abgewendete

fruchtbare Zweige ohne Luftwurzeln, mit herzförmigen oder eirautenförmigen, glänzenden Blättern. Er ist am üppigsten in Süd- und Südwesteuropa entwickelt, hat langsames Wachstum und erreicht ein mehrhundertjähriges Alter. Er liebt besonders feuchte Talschluchten, Wälder mit steinigem, humosem Boden und feuchte Luft.

§ 97. Aus der Gattung Cornus, Hartriegel, aus der Familie der Cornaceae, kommen zwei Arten bei uns vor:

Cornus mas Linné, der gelbe Hartriegel, auch Kornelkirsche, Herlitze genannt (franz. Cornouiller), hat dünne graue Knospen mit einem weichen Schuppenpaar, grüne, unter der Endknospe 4kantige Zweige, lang zugespitzte, 5—8 cm lange, breit eilanzettliche, ganzrandige, gegenständige Blätter mit bogenläufigen Nerven, unterseits in den Nervenwinkeln weiss gebärtete Blätter, kleine, gelbe, 4zählige Blüten, die lange vor dem Laubausbruch, oft schon im März, in einfachen Dolden aus vorjährigen kurzgestielten Seitenknospen oder seitlichen Kurztrieben hervorbrechen. Die roten, essbaren, ovalen, ca. 2 cm grossen Steinfrüchte mit grossem 2samigem Kern sind hängend. Die anfangs gelbgraue Rinde bildet später eine in dünnen, verbogenen Schuppen abstehende und abblätternde Borke. Das im Splint rötlichweisse, im Kern rotbraune bis fast schwarze Holz ist ausserordentlich dicht und schwer (0,88—1,03), sehr fest, hart, äusserst schwerspaltig und zähe und ein wertvolles Drechslerholz. — Die Kornelkirsche bildet sehr trägwüchsige Büsche oder kleine Bäume von ca. 3—8 m Höhe und kann ein Jahrhundert alt werden. Eine Holzart Süd- und Mitteleuropas (angebaut bis Christiania), die sich in der Ebene und im Hügelland als Unterholz, an Waldrändern etc. auf leichtem humosem kalkhaltigem Boden häufig in den ungarischen Donauauen sowie in den niederösterreichischen Schwarzkiefernbeständen findet, sonst in der rheinischen, süddeutschen und Alpenzone sehr zerstreut und vielfach nur verwildert auftritt. Ausser als Obstbaum und Zierstrauch wird die Kornelkirsche, die das Beschneiden gut verträgt und ein grosses Ausschlagvermögen aus Stock und Wurzel besitzt, auch nicht selten als Heckenpflanze gezogen.

2. Cornus sanguinea Linné, der gemeine Hartriegel oder rote Hornstrauch hat nackte Knospen ohne Knospenschuppen, unter der Endknospe etwas zusammengedrückt 2kantige, im Winter blutrote Zweige, etwas breitere, kurz zugespitzte, unterseits nicht gebartete Blätter und weisse, in reichblütigen Trugdolden am Ende junger beblätterter Triebe stehende, erst im Mai oder Juni aufblühende Blüten, sowie erbsengrosse, blauschwarze Steinbeeren. Das vorzügliche Holz hat keinen gefärbten Kern, ist etwas weniger schwer (0,77 bis 0,88), aber ebenfalls sehr hart, fest und zäh und dient zu ähnlichen Zwecken. — Die ebenfalls trägwüchsige Holzart bildet in 15—20 Jahren 3—3½ m hohe Büsche und wird selten älter als 30 Jahre. Ausser durch die meist erst im 2. Jahre auflaufenden Samen vermehrt sich der Hornstrauch durch Absenker und Wurzelbrut und besitzt gleichfalls ein grosses Ausschlagvermögen aus dem Stock. Sein Verbreitungsgebiet umfasst beinahe ganz Europa mit Ausnahme des südlichsten Teils und des hohen Nordens und kommt diese Holzart der Ebenen und des Hügellandes, die starke und anhaltende Beschattung verträgt und lockeren kalkhaltigen Boden bevorzugt, häufig eingesprengt im Niederwald, an Waldrändern, als Unterholz im Mittelwald, in Feldhölzern, Hecken etc. vor.

§ 98. Die Familie der Ericaceae eröffnet die Reihe der Holzge-

wächse mit verwachsenen Kronenblättern (Sympetalae). Die baumartigen Vertreter der Familie sind Gewächse des Mittelmeergebietes und erreichen Arbutus Unedo Linné, der Erdbeerbaum, ein Grossstrauch oder bis 5 m hoher Baum mit 4—7 cm langen, scharf gesägten, lederartigen, glänzenden Blättern und in kurzen, verzweigten, hängenden Trauben stehenden, kirschgrossen, scharlachroten, dichtwarzigen (erdbeerähnlichen), essbaren Früchten und Erica arborea Linné, die Baumheide, als ansehnlicher Mittel- oder Grossstrauch oder kleiner Baum mit rutenförmigen Zweigen im Gebiete ihre Nordgrenze, ersterer in Wäldern und felsigen Orten Istriens und Dalmatiens, letztere ausserdem auch noch in Südtirol vorkommend. Aus dem gemaserten, rotbraunen Wurzelholz der letzteren, dem Bruyèreholz, werden die kurzen Tabakspfeifen geschnitzt. Die übrigen Heidearten und sonstigen holzigen Vertreter dieser Familie, wie die Vacciniumarten, die Alpenrosen (Rhododendron), die Bärentrauben (Arctostaphylos) und der Porst (Ledum palustre) spielen im Walde lediglich die Rolle von forstlichen Unkräutern, die unter Umständen verdämmend auf den jungen Holzwuchs wirken können. Die im Herbste blühende Calluna vulgaris Salisbury, das gemeine Heidekraut oder die Besenheide, ist weitaus die verbreitetste gesellig wachsende Heideart und unterscheidet sich von den echten Heiden (Erica) durch ihre (rosagefärbten) die Blumenkrone glockig überragenden Kelchblätter. Sie findet sich in der Ebene wie im Gebirge als bodenstete Pflanze am häufigsten auf armem Sand- und Moorboden, teils mit anderen Zwergsträuchern „Heiden“ bildend, teils als Unterholz in lichten Wäldern, namentlich Kiefernwäldern, selbst auf dem ärmsten Boden noch gut gedeihend und ihm allein noch nutzbare Erträge abringend, nicht etwa weil sie für solchen Boden besondere Vorliebe hat, sondern weil sie auf besserem Boden von anderen Arten verdrängt oder zurückgedrängt wird. Immerhin gedeiht sie als trägwüchsige Pflanze nur auf nährstoffarmen Böden, ihr Alter überschreitet selten 12 Jahre, ihre Vermehrung findet hauptsächlich durch Samen und — nach Heidebrennen — durch Stockausschlag statt. Ihr reichliches Vorkommen zeigt stets eine weitgehende Verarmung des Bodens an. Nur in der Seenähe wächst sie auf ganz freien Schlägen in den ersten Jahren schneller als die Kiefer, lässt aber auf Flächen, die sie bereits beherrscht, nur schwer andere Holzarten aufkommen, da ihr dichter Wurzelfilz Rohhumus bildet, der das Wachstum wertvollerer Holzgewächse ausserordentlich erschwert oder gar verhindert.

Die ebenfalls langsamwüchsige Heidelbeere, Vaccinium Myrtillus Linné, teilt mit der Heide vielfach die Standorte, verträgt aber, im Gegensatze zu jener, auch die stärkste Beschattung, soweit es sich nur um blosse Erhaltung des Lebens handelt, bildet unter einer fast vollen Beschirmung noch zusammenhängende Bodenüberzüge und vermehrt und erhält sich ausser durch Samen namentlich durch unterirdisch-kriechende, dünne Rhizome, die sog. Kriechtriebe.

§ 99. Aus der Familie der Oleaceae, der ölbaumartigen Laubhölzer mit 4zähligen Blüten, deren Staub- und Fruchtblätter auf 2 reduziert sind, und gegenständigen, nebenblattlosen Blättern, kommen folgende Arten in Betracht:

1. Fraxinus excelsior Linné. Gemeine Esche (fr. Frêne). Knospen schwarzbraun bis schwarz, die Endknospe viel grösser, meist mit nur 2 Knospenschuppen. Blätter gross (bis 40 cm), unpaarig gefiedert mit 4—6 (8) sitzenden, meist eilanzettlichen, zugespitzten ca. 4—10 cm langen, am Rande klein gesägten, von der Spitze an Grösse zunehmenden, meist kahlen Fiederpaaren. Blüten nackt, nur aus Staubgefässen mit herzförmigen Staubbeuteln und Fruchtknoten mit 2lappiger Narbe bestehend, dunkel purpurn oder violett, in mehr oder

weniger dichten Büscheln oder Rispen, polygam oder 2häusig, vor dem Laubausbruch aus Seitenknospen vorjähriger Zweige. Früchte flach zusammengedrückte, in einen zungenförmigen Flügel verlängerte, ca. 4 cm lange und 1 cm breite, hellbraune, kahle, 1samige Nüsschen in büscheligen, hängenden Rispen. — Die Mannbarkeit tritt bei Samenpflanzen im Freistand kaum vor dem 25, im Schluss erst mit dem ca. 40., bei Stocklohden oft schon mit dem 20. Jahre ein. Die Blütezeit fällt in den April oder Mai, der Laubausbruch Ende April bis Anfang Juni; männliche Bäume blühen viel reicher als weibliche bzw. polygame und ihre Blütenbüschel sind viel dichter. Laubfall meist gleichzeitig nach dem ersten Frost im Oktober oder November, Samenreife von Ende Juli bis Oktober, Abfliegen der Früchte sehr allmählich den Winter über bis ins Frühjahr hinein. Samenjahre meist alle 2 Jahre. Die Keimung der im allgemeinen zu 60—70 % keimfähigen und ihre Keimkraft 1—3 Jahre bewahrenden Samen erfolgt in der Regel erst im 2. Frühjahr mit 2, denen des Bergahorns ähnlichen, aber fiedernervigen, schmal ei- bis zungenförmigen, dickfleischigen Keimblättern, auf welche ein Paar einfacher, eilanzettlicher, dann ein solches 3zähliger und hierauf erst die Fiederblattpaare folgen. Im 1. Jahre bleibt die Pflanze klein, vom 2. an ist der Höhenwuchs rasch, im 3. oft schon mannshoch, zwischen dem 20. und 40. Jahre durchschnittlich $^1/_2$ m pro Jahr, dann nachlassend, aber doch bis über das 100. Jahr aushaltend; bedeutendster Stärkezuwachs zwischen dem 40. und 60. Jahre. Auf gutem Boden kann die Esche 200—250 Jahre alt werden und über 30 m Höhe und bis 1,7 m Durchmesser erreichen. Bis etwa zum 30. Jahre entwickelt die Esche auf zusagendem Standort nur weitläufig beblätterte Langtriebe und ähnlich der Kiefer eine sehr regelmässig verzweigte, ausgebreitete Krone. Später, auf schlechtem Boden auch schon vor dem 30. Jahre, entwickeln sich zahlreiche Kurztriebe, die sich alljährlich nur durch ihre Endknospe zu bogenförmig aufwärts gekrümmten, knotigen Kurzzweigen verlängern, so dass die abgewölbte, lockere Krone alter Eschen nur aus solchen Kurzzweigen besteht, die am Ende ein Blätterbüschel tragen. Im Bestandesschluss bildet die Esche einen bis hoch hinauf astreinen, vollholzigen, geraden Schaft; im Freistand neigt sie zum Gabelwuchs, wie keine andere einheimische Holzart und zur Bildung einer tiefangesetzten, starkästigen Krone. Das Ausschlagvermögen aus Stock und Stamm ist vorzüglich, aber bald nachlassend. Das Wurzelsystem besteht anfänglich aus einer Pfahlwurzel, später aus starken, tief und weitstreichenden, reich verzweigten Seitenwurzeln. Die Rinde, bis zum 30. oder 40. Jahre hell grünlichgrau und glatt, bildet später eine dicht aber flachrissige, schwarzbraune Borke mit gestreckt rhombischen Feldern. Die in manchen Gegenden sehr häufigen „Rindenrosen" Ratzeburgs sind eine krankhafte, krebsartige Erscheinung. Das ausgesprochen ringporige Holz hat einen breiten, 27 bis (40) Jahrringe umfassenden Splint und einen hellbraunen, der Eiche ähnelnden Kern; die Gefässe des gegen das Spätholz scharfabgesetzten Frühjahrsholzes sind sehr weit, die des Spätholzes eng, spärlich und gleichmässig zerstreut, die für Carya charakteristischen, peripherischen Parenchymzell-Linien fehlen (Parenchym findet sich fast nur als Belag der Gefässe, namentlich derjenigen des Spätholzes), die Markstrahlen sind kaum zu erkennen. Das häufig Maserwuchs zeigende Eschenholz ist eines der wertvollsten Nutzhölzer, 0,57—0,94 im Mittel 0,73 schwer, ziemlich fein- und langfaserig, glänzend, hart, gerade aber schwerspaltig, elastisch, zähe und biegsam, sehr tragkräftig, mässig schwindend, (5 %), wirft sich wenig, im Freien von mittlerer Dauer und mindestens so brennkräftig wie das Buchenholz.

Das Verbreitungsgebiet der Esche umfasst beinahe ganz Europa bis

zum 63° in Norwegen (strauchförmig sogar bis zum 69°). Am häufigsten ist sie in den Ostseeländern und in der ungarischen und slavonischen Niederung. Ihre schönste Entwicklung zeigt sie in Auen und Niederungen meist vereinzelt oder horstweise im Mischwald, in den Alpentälern bis ca. 1300 m emporsteigend. Ihren Standortansprüchen nach gehört die Esche zu den anspruchvollsten Holzarten. Aehnlich den Ulmen und Ahornen stellt sie die grössten Anforderungen an die Mineralkraft des Bodens und verlangt tiefgründige, lockere, feuchte bis nasse Standorte (aber keine stagnierende Nässe), ziemliche Luftfeuchtigkeit, aber nur mässige Luftwärme. Ihr Lichtbedürfnis ist sehr gross, demjenigen der Eiche ähnlich; nur in der Jugend ist ihr mässige Beschattung zuträglich, namentlich auf geeignetem Standort. Gegen Spätfröste ist sie von allen einheimischen Holzarten am empfindlichsten; jeder junge Trieb, der von einem leichten Spätfrost getroffen wird, ist verloren.

2. Fraxinus americana Linné, die Weissesche, in der Osthälfte Nordamerikas an ähnlichen Standorten heimisch wie unsere Esche, in Deutschland auch F. alba, cinerea, ascanica genannt und schon im 18. Jahrhundert, wesentlich als Allee- und Parkbaum, in Anhalt auch als Forstbaum eingeführt, stimmt hinsichtlich ihres Wuchses und ihrer Holzgüte mit unserer Esche überein. Ihr Vorzug besteht in etwas (ca. 14 Tage) späterem Austreiben, wodurch sie gegen Spätfröste gesicherter erscheint, und in etwas geringeren Bodenansprüchen, namentlich verträgt sie Ueberschwemmungen während der Vegetationsperiode gut; endlich keimen die Samen, im Herbste gesät, oder im Frühjahr 3 Tage vor der Saat eingeweicht, ohne überzuliegen ca. 14 Tage nach Frühlingssaat. Aus diesen waldbaulichen Gründen wird sie neuerdings vielfach als Ersatz für die gemeine Esche bei uns angebaut. — Die Knospen der Weissesche sind hell zimmetbraun, die Blätter haben meist nur 2 oder 3 etwas grössere, gestielte Fiederpaare, die am Rande ganzrandig (oder schwach gesägt), oberseits auffallend dunkelgrün und glänzend, unterseits weissgrau und ganz oder nahezu kahl sind. Die meist 2häusigen Blüten haben stets einen Kelch und die Staubbeutel sind lineal, kurz und stumpfbespitzt. Die hellbraunen Flügelfrüchte sind etwas schlanker wie bei unserer Esche. Die Rinde ist an jüngeren Aesten gelblichgrau gefärbt.

3. Fraxinus pubescens Lamarck (richtiger F. pennsylvanica Marshall) die flaumhaarige Esche oder Rotesche, gleichfalls im ganzen Laubwaldgebiet des östlichen Nordamerika verbreitet und mit ersterer Bestände bildend, wurde früher zu den forstlichen Anbauversuchen herangezogen, weil man die in den anhaltischen Forsten so gut gedeihende amerikanische Esche irrtümlicherweise für F. pubescens hielt (Willkomm). Sie unterscheidet sich von jener durch braune Knospen und dicht filzige junge Triebe, bleibend filzige Blattspindeln, unterseits beim Entfalten dicht graufilzige, später nur noch auf den Nerven filzige, dazwischen locker weichhaarige Blätter und schmal elliptische, scharf und ziemlich lang bespitzte Staubbeutel. Die Früchte sind 4—5 cm lang, aber nur 5—6 mm breit und der Flügel umfasst nur das obere Drittel der stielrunden Nuss. — Da die Rotesche langsamwüchsiger ist als unsere Esche und in ihrer Heimat nur 12 bis 15 m Höhe erreicht und da sie ebenso frostempfindlich ist wie jene und sie sich weder durch waldbauliche Eigenschaften noch durch die Qualität ihres Holzes auszeichnet, so liegt zu ihrer Einführung in unsere Wälder kein Grund vor.

4. Fraxinus Ornus Linné, die Blumen- oder Mannaesche, ist eine südeuropäische Holzart, die mit der Nordgrenze ihrer Verbreitung bis

nach der Südschweiz (Tessin), Südtirol, Krain, Untersteiermark vordringt. Sie kommt, in ihren Bodenansprüchen äusserst bescheiden, hauptsächlich auf trockenem Kalkboden vor, ist trägwüchsig und bildet kleine Bäume, die gewöhnlich nicht höher als ca. 8 m und nicht stärker als ca. 30 cm werden. Von den übrigen Eschen unterscheidet sich die Blumenesche durch bräunlich bis silbergraue Knospen, durch rostgelbe, wollige Behaarung der Stielchen und Mittelrippen der 3 oder 4 Fiederblattpaare und vor allem durch ihre wohlriechenden, mit Kelch und weisser Blumenkrone versehenen, in langen, endständigen, reichblütigen, am Grund beblätterten Rispen stehenden Blüten. Als Zierbaum ist sie in Süd- und Mitteldeutschland vielfach angepflanzt.

Ligustrum vulgare Linné, die gemeine Rainweide oder der Liguster (franz. Troene), ist ein bis 2 m Höhe erreichender, dichtbuschiger Strauch mit ca. 3—5 cm langen und 1—2 cm breiten, spitz elliptischen, ganzrandigen, dunkelgrünen Blättern, von denen zumeist ein Teil den Winter überdauert, mit weissen, stark aber unangenehm riechenden, kleinen Blüten, die ähnlich denen der Syringe am Ende beblätterter Zweige in reichblütigen Rispen stehen, mit erbsengrossen, glänzend schwarzen, den Winter über an den Zweigen hängenden Beeren. — Als vorwiegend west- und südeuropäische Holzart dürfte der Liguster mit seinem natürlichen Verbreitungsgebiet kaum über Süddeutschland hinausgehen, ist aber auch in Mitteldeutschland ziemlich häufig, selten in Norddeutschland, wahrscheinlich verwildert, in Gebüschen und Feldhölzern und lichten Waldungen anzutreffen. Er liebt nahrhaften, kalkhaltigen Boden, bildet ein sehr schweres (0,92—0,95) beinhartes und schwerspaltiges Holz und ist eine beliebte Heckenpflanze, da er den Schnitt gut verträgt und durch Wurzelbrut, Ableger und Stecklinge leicht zu vermehren ist.

Phillyrea latifolia Linné, die gemeine Steinlinde, eine Holzart des Mittelmeergebiets mit sehr variabeln, 2—3 cm langen, derben, immergrünen, eiförmigen Blättern, deren Rand ungeteilt bis sägezähnig ist, mit kleinen weissen, in kurzen blattwinkelständigen Trauben stehenden, im März erscheinenden Blüten und erbsengrossen, schwarzen Beeren, geht nordwärts bis Südtirol, Istrien und Dalmatien und nimmt, gewöhnlich buschförmig bleibend, selten als Baum von 5—8 m und bis zu 65 cm Stärke erheblichen Anteil an der Bildung der immergrünen Buschformation jener Länder. Das feinfaserige, weisse, schwere (0,92) Holz der trägwüchsigen, sonnige und steinige Orte bevorzugenden, mit grossem Ausschlagvermögen begabten Steinlinde ist ein wertvolles Nutzholz, wird aber, ungenügender Formverhältnisse halber, in jenen holzarmen Ländern meist als Brennholz verwendet.

Olea europaea Linné, der gemeine Oelbaum, dessen langsam wüchsige Kulturbäume mit ihrer graugrünen Belaubung und ihren knorrigen und zerklüfteten Stämmen an alte Weiden erinnern, kommt in der wilden Varietät Oleaster De Candolle, meist als sperrigästiger Strauch mit dornspitzigen Zweigen, kleinen, perennierenden, länglich-eiförmigen Blättern und kleinen, schwarzen, kugeligen, wenig Oel enthaltenden Früchten, an ähnlichen Orten wie vorige Art vor.

§ 100. Nerium Oleander Linné, der gemeine Oleander, mit lineallanzettlichen, lederigen Blättern in 3gliederigen Quirlen und rosenroten grossen Blüten, aus der Familie der Apocynaceae, als Kübelpflanze allenthalben kultiviert, ist ein giftiger, immergrüner Strauch des Mittelmeergebiets, der in Südspanien und Algerien an Flussufern sehr gemein ist und auch an einzelnen Orten Südtirols und Dalmatiens noch wild vorkommt.

Vitex Agnus Castus Linné, der Keuschbaum aus der Familie der Verbenaceae, ist ebenfalls im Mittelmeergebiet heimisch und bevorzugt sonnige Lagen und frische, nahrhafte Böden. Der sehr ausschlagfähige, bis 2 m hohe Strauch, selten kleine Baum von 3—4 m Höhe, dessen weissfilzige, 4kantige Zweige Flechtmaterial liefern, kommt auch in der Strandregion Istriens und Dalmatiens vor. Durch seine grossen, sommergrünen, gegenständigen, aus 5—7 oberseits dunkelgrünen, unterseits graufilzigen $3^1/_2$—9 cm langen, lanzettlichen Blättchen handförmig zusammengesetzten Blätter und die in endständigen Scheinähren stehenden kleinen, violetten Blüten, bildet er eine sehr auffallende Erscheinung.

Catalpa speciosa Warder, der prächtige Trompetenbaum oder die westliche Catalpa, aus der exotischen Familie der Bignoniaceae, stammt aus dem zentralen Nordamerika, dem Grenzgebiete des südlichen und des nördlichen Laubwaldes, wo sie, besonders nach Südwesten hin verbreitet, auf kräftigem Boden der Flussniederungen nach Mayr ausnahmsweise bis 45 m Höhe erreicht. Von der bei uns als Park- und Alleebaum schon lange angepflanzten C. bignonioides Walter, die auch in ihrer Heimat nur 15 m erreicht und im Freistand ebenfalls eine breit ausladende, starkästige Krone bildet, unterscheidet sie sich durch Geruchlosigkeit der bis 30 cm grossen, gegenständigen oder zu 3 im Quirl stehenden, herzeiförmigen, meist eckig gelappten, langzugespitzten Blätter, durch grössere (4—5 cm lange) Blüten, die wie dort innen weiss, gelb und violett gefleckt sind und in grossen, aufrechten, pyramidalen Rispen stehen, endlich durch breitere, bis 50 cm lange Schoten. — Die ungemein raschwüchsige Holzart liefert ein zwar leichtes (0,42), aber im Freien ganz ausserordentlich dauerhaftes Holz — Eisenbahnschwellen von 20jähriger Dauer — mit braunviolettem Kern und einen auf den jüngsten Jahrring beschränkten Splint. In Amerika hält man 20—35 Jahre bei ziemlich engem Stande zur Nutzholzerziehung für genügend. Wegen seiner Holzgüte und Raschwüchsigkeit ist der in seinen Bodenansprüchen genügsame Baum auch in den Kreis der neueren Anbauversuche gezogen worden, hat sich aber wegen der häufig unvollkommenen Verholzung der jüngsten Triebe, namentlich in der Jugend, als sehr frostempfindlich erwiesen und verlangt jedenfalls sehr milde und geschützte Lagen. Obwohl sehr lichtbedürftig, ist er doch in der Jugend für Seitenschutz sehr dankbar.

§ 101. Der Familie der Caprifoliaceae mit gegenständigen Blättern, 5zähligen Blüten, deren Staubgefässe der Krone eingefügt sind, und aus 2 bis 5fächerigen Fruchtknoten hervorgegangenen Beeren oder beerenartigen Steinfrüchten, gehört der Rest der hier noch namhaft zu machenden Holzpflanzen ohne nennenswerte forstliche Bedeutung an.

Die Angehörigen der Gattung Lonicéra mit einfachen, ganzrandigen Blättern und 2lippigen Blüten sind teils Gaisblätter, windende Sträucher mit quirlständigen Blüten, wie Lonicera Periclymenum Linné, das gemeine oder wilde Gaisblatt mit stets getrennten Blättern, welches durch ganz Europa an Waldrändern, in Gebüschen und lichten Wäldern auf fruchtbarem Boden stellenweise verbreitet ist, 5—10 m an Stangenhölzern emporklettert und durch seine innige Umschlingung dieselben mitunter verunstaltet, oder wie L. Caprifolium Linné, das in Gärten häufig gezogene ächte Gaisblatt, auch Jelängerjelieber genannt, eine nur in der Südhälfte Europas an ähnlichen Standorten einheimische, weiter nach Norden aber ab und zu verwildert vorkommende Schlingpflanze, die bei massenhaftem Vorkommen verdämmend auf den jungen Holzwuchs wirken kann.

Während so die Gaisblätter als Forstunkräuter zu bezeichnen sind, spielen die nichtschlingenden, strauchförmigen Arten, die Heckenkirschen, eine bescheidene Rolle als Unterholz oder Bodenschutzholz. In ihren Blattachseln stehen 2 bis 3 beschuppte Knospen in einer Reihe übereinander und ihre Blüten stehen paarweise am Ende blattwinkelständiger Stiele. 3. Lonicera xylosteum Linné, die gemeine Heckenkirsche, auch Beinholz, Beinweide genannt, ist als flachwurzelnder höchstens 2 m Höhe erreichender Strauch mit anfangs weissen, dann gelben, ansehnlichen Blüten von der Länge der Blütenstandstiele und mit roten, am Grunde etwas verwachsenen Beeren, an Hecken, Zäunen, in Gebüschen, als Unterholz in Mittelwäldern in ganz Europa, namentlich auf Kalk, zerstreut und steigt im Gebirge bis 1600 m empor. 4. Lonicera nigra Linné, die schwarze Heckenkirsche, durch Blütenstandstiele, die mehrfach länger sind als die rötlichen Blüten, und durch glänzend schwarze Beeren von voriger unterschieden. ist als Unterholz schattiger Bergwälder im mitteleuropäischen Berglande und in den Alpen und Karpathen zwischen 500 und 1600 m auf frischem bis feuchtem, humosem Boden zerstreut. 5. Lonicera alpigena Linné, die Alpenheckenkirsche, mit Blütenstandstielen, die mehrmals länger sind als die roten Blüten, fast bis zur Spitze zusammengewachsenen Fruchtknoten und glänzend roten Doppelbeeren, kommt in den süd- und mitteleuropäischen Gebirgen in den gleichen Höhenlagen wie L. nigra stellenweise, namentlich auf Kalk, in Laubwäldern und Gebüschen vor. 6. Lonicera coerulea Linné, die blaue Heckenkirsche, mit Blütenstandstielen, die viel kürzer sind als die gelben Blüten, mit völlig verwachsenen Fruchtknoten und erbsengrossen, schwarzen, blaubereiften Beeren und von nur 2 Knospenschuppen behüllten Knospen, ist ausser im hohen Norden Europas, in den Alpen- und Karpathenländern zwischen 800 und 2000 m namentlich auf steinigem Kalkboden in Wäldern und Gebüschen stellenweise verbreitet.

Viburnum Opulus Linné, der gemeine Schneeball (franz. Viorne), hat 2schuppige Knospen, 3(—5)lappige, oberseits dunkelgrüne und kahle, unterseits flaumig bläulichgrüne, ca. 5—8 cm lange Blätter mit spitzen, grob gezähnten Lappen und 5zählige, in grossen endständigen Trugdolden stehende Blüten, die am Rande der Trugdolde geschlechtslos und viel grösser (strahlend) sind. Die Frucht ist eine erbsengrosse, einkernige, einsamige, glänzend rote Steinbeere. — Der gemeine Schneeball bildet ansehnliche, bis 5 m hohe und 6—10 cm starke, raschwüchsige Sträucher in ca. 12—15 Jahren, besitzt ein grosses Stockausschlagvermögen und bildet aus den flach verlaufenden Wurzeln reichliche Wurzelbrut; er ist durch ganz Europa verbreitet und bevorzugt feuchten, humosen Boden in der Ebene und im Hügelland an Waldrändern sowie als Unterholz in Auenmittelwäldern, wo er Ueberschirmung gut verträgt. Die zahlreichen Stock- und Stammlohden tragen viel grössere Blätter und sind sechskantig, gerade, lang und stark. Das harte, schwerspaltige und feinfaserige, im Splint rötlichweisse, im Kerne gelbbraune Holz lässt die Markstrahlen und Jahrringgrenzen nicht oder kaum erkennen.

2. Viburnum Lantána Linné, der wollige Schneeball, unterscheidet sich von vorstehendem durch filzige junge Triebe und nackte Knospen, durch eiförmige, oberseits runzelig dunkelgrüne, unterseits filzig graugrüne, am Rand klein und scharf gesägte, 6—10 cm lange Blätter, durch kleine, gleichmässig gestaltete, in dichten gewölbten Trugdolden stehende Blüten und durch anfangs scharlachrote, zuletzt schwarze Steinbeeren. Der 4 m Höhe erreichende, gleichfalls raschwüchsige und sehr ausschlagfähige Strauch kommt wild auf ähnlichen

Standorten wie der vorige, aber nur in der Südhälfte Europas und vorzugsweise auf Kalk vor.

3. Viburnum Tinus Linné, der immergrüne Schneeball, von den Gärtnern Laurus Tinus genannt, ist ein ansehnlicher Strauch des Mittelmeergebiets oder kleiner Baum von 2—4 m Höhe mit 4—8 cm langen, spitz elliptischen, ganzrandigen, oberseits glänzend dunkelgrünen Blättern, rotbraunen 4kantigen Zweigen und kleinen, weissen, in ähnlichen Trugdolden wie bei vorigem stehenden Blüten. Bei uns, wie auch die andern Arten, beliebter Zierstrauch, kommt er wild in der immergrünen Buschformation Istriens und Dalmatiens häufig vor, Kalk und sonnige Lagen bevorzugend.

Sambucus nigra Linné, der gemeine oder schwarze Hollunder oder Flieder (franz. Sureau), hat bis ca. 30 cm lange, unpaarig gefiederte Blätter mit 2—3 Paaren breit eilanzettlicher, langgespitzter, scharf gesägter, 3—12 (16) cm langer, kurzgestielter Fiederblättchen, kleine gelbweisse, im Juni erscheinende, in grossen, wiederholt 5strahlig geteilten, endständigen, aufrechten Ebensträussen stehende Blüten und erbsengrosse, glänzend schwarze Beeren an roten Stielen in hängenden Ebensträussen. Der schwarze Hollunder bewohnt fast ganz Europa, zumeist in der Nähe menschlicher Wohnungen auftretend; er steigt zwar in den Alpen bis ca. 1200 m empor, ist aber im grossen und ganzen viel mehr eine Holzart der Ebenen und des Hügellandes, die humosen, frischen bis feuchten Boden liebt, an Hecken, Zäunen etc., aber auch als Unterholz in lichten Auwaldungen sich findet und als raschwüchsige und überaus ausschlagfähige, schon vor dem Abhieb reichlich starke, markreiche Stammlohden entwickelnde Holzart grosse Büsche oder 4—5 m hohe und 20—30 cm starke Bäume mit malerischer Krone und bogenförmig gekrümmten Aesten bildet. Das zerstreutporige Holz mit deutlichen Markstrahlen ist gelblichweiss, vom spez. Gewicht 0,53—0,76, ziemlich feinfaserig und leichtspaltig, hart, fest, schwer trocknend und sich stark werfend.

2. Sambucus racemosa Linné, der Traubenhollunder, unterscheidet sich von dem gemeinen durch länger zugespitzte, schmälere, schärfer gesägte, unterseits bläulichgrüne, meist auch kleinere Fiederblättchen, die meist in der Zahl 5 vorhanden sind und besonders durch die schon im April oder Mai aufblühenden, in dichten eiförmigen Rispen stehenden grüngelben Blüten und die leuchtend korallenroten Beeren. — Der Traubenhollunder stimmt in der äusseren Erscheinung und den sonstigen Eigenschaften mit dem schwarzen überein, bleibt aber kleiner und zierlicher und ist mehr eine Holzart des Hügel- und Berglandes, wo er in Mittel- und Südeuropa vorzugsweise als Unterholz in lichten Wäldern, an Waldwegen etc., auf humosem steinigen Boden und in sonnigen Lagen verbreitet ist. Durch den sehr reichlichen Wurzelausschlag seiner sehr weitstreichenden Wurzeln kann der fast stets strauchartig bleibende Traubenhollunder in jungen Kulturen gelegentlich sehr lästig werden.

3. Biologie und Morphologie der baumschädigenden Pilze.

Literatur: A. de Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien. Leipzig 1884. 558 p. 8⁰ mit 198 Holzschn. — A. B. Frank, Die pilzparasitären Krankheiten der Pflanzen. Breslau 1896. 574 p. 8⁰ mit 96 Abb. — Robert Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten (3. Aufl. des Lehrb. der Baumkrankheiten.) Berlin 1900. 324 p. 8⁰ mit 280 Abb. und 1 Tafel. — F. v. Tavel, Morphologie der Pilze. Jena 1892. 208 p. 8⁰ mit 90 Holzschn. — Karl Freih. von Tubeuf, Pflanzenkrankheiten, durch kryptogame Parasiten

verursacht. Berlin 1895. 599 p. 8⁰ mit 306 Abb. — Engler u. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. I. Teil (Pilze), Abt. 1. Leipzig 1897. 513 p. 8⁰ mit 1844 Einzelbildern und Abt. 1** 1900. 570 p. mit 1693 Einzelbildern.

I. Allgemeiner Teil.

§ 102. Während die Infektionskrankheiten des Menschen und der höheren Tiere zum ganz überwiegenden Teil durch Bakterien hervorgerufen werden, kennen wir bei unseren Waldbäumen bis dato keine einzige Bakterienkrankheit. Ebenso ist die grosse Abteilung der Schleimpilze (Mycetozoa oder Myxomycetes), deren Angehörige häufig an abgestorbenen Baumstümpfen auftreten, durchaus unfähig, lebende Bäume zu schädigen. Sämtliche Pilze, welche die normalen Lebensfunktionen unserer Holzpflanzen bald mehr, bald weniger stören, gehören zu den höheren Pilzen, den Fadenpilzen, so genannt, weil der der Ernährung dienende, auf oder in dem Substrat lebende, vegetative Teil, das Mycelium, aus i. d. R. verzweigten, mit Spitzenwachstum begabten Fäden (sog. Hyphen) besteht, die (mit Ausnahme der Phycomyceten) durch Querwände gegliedert sind. Seinen Ursprung nimmt das Mycel aus der Spore, wie die Fortpflanzungszellen der Pilze ganz allgemein genannt werden. Bei vielen Pilzen bleibt der vegetative Teil nicht auf der Stufe eines typischen Mycels stehen, sondern er bildet kompliziertere Verbände wie Mycelhäute, Mycelstränge, schliesslich Pilzkörper, deren Gewebe im Gegensatz zu demjenigen der höheren Pflanzen durch Verflechtung, immer dichtere Verzweigung und nachträgliche Verwachsung der ursprünglich getrennten Pilzhyphen gebildet wird. Wasserarme Pilzkörper, deren nährstoffreiche Hyphen besonders innig verwachsen sind und stark verdickte Zellwände besitzen, heissen Sklerotien. Sie stellen vegetative Dauerzustände dar. Das meist sehr wasserreiche Plasma der Pilze enthält keine Chromatophoren, keine Stärke, dagegen häufig Fett. Die Zellhaut besteht nur bei den Saprolegniaceen und Peronosporaceen aus Cellulose, bei den andern Pilzen nicht aus „Pilzcellulose", wie man früher annahm, sondern nach den Untersuchungen von Winterstein[46]) besteht die stickstoffhaltige Zellwand zum grösseren oder geringeren Teile aus Chitin, also derjenigen Substanz, aus welcher die Körperdecke der Insekten etc. aufgebaut ist; daneben finden sich noch beträchtliche Mengen stickstoffärmerer oder stickstofffreier Substanzen, zwar keine ächte Cellulose, wohl aber andere zellwandbildende Kohlehydrate, wie Hemicellulosen und andere leicht hydrolysierbare Stoffe, die zum grossen Teil noch näherer Untersuchung bedürfen.

§ 103. Kein Pilz assimiliert nach Art der grünen Pflanzen, alle sind Schmarotzer oder Fäulnisbewohner, welche wenigstens hinsichtlich ihres Kohlenstoffbedarfs auf organische Verbindungen angewiesen sind. Nach ihrer Ernährungsweise unterscheidet man obligate Saprophyten (Fäulnisbewohner), die sich nur von abgestorbenen organischen Resten nähren, obligate Parasiten, die wenigstens unter den von Natur gebotenen Verhältnissen nur auf oder in lebenden Tieren oder Pflanzen leben können, (z. B. die Rostpilze); fakultative Saprophyten heissen solche Parasiten, die gelegentlich saprophytisch, fakultative Parasiten solche Saprophyten, die gelegentlich parasitisch leben. Die Pilzasche besteht der Hauptmenge nach aus Kali (gewöhnlich die Hälfte, selten weniger als ein Viertel) und Phosphorsäure, die nächst dem Kali den Hauptbestandteil bildet. Sonst bedürfen die Pilze der gleichen Aschenbestandteile wie die grüne Pflanze, mit Ausnahme des Calciums, was hier bedeutungslos ist, da alle baumbewohnenden Pilze reich-

46) Näheres hierüber bei Lafar, Technische Mykologie p. 394 ff.

lich Calcium vorfinden. Das Mycel der Schmarotzerpilze lebt entweder epiphytisch, d. h. auf der Oberfläche der befallenen Pflanzenteile und bezieht dann seine Nahrung durch besondere Seitenzweiglein, welche sich in die Epidermiswandung (z. B. Trichosphäria) oder ins Innere der Epidermiszellen (z. B. die Erysipheen oder Meltaupilze) einbohren, oder das Mycel lebt im Innern der Wirtspflanzen, endophytisch, und zwar intercellular, wenn es, wie bei den Uredineen, nur in den Intercellularräumen wuchert, die angrenzenden Zellen durch besondere Haustorien oder auf rein osmotischem Wege aussaugend, oder intracellular, wenn es ins Innere der lebenden Zellen eindringt. Von den Spitzen der fortwachsenden Pilzhyphen wird eine ganze Reihe von ungeformten Fermenten, sog. Enzyme, ausgeschieden, die ihnen die Durchbohrung der Zellwände und die Aneignung der Nahrung ermöglichen. So wird von den Baumpilzen eine, den verschiedenen Cellulosen und sonstigen Membranstoffen entsprechende Reihe von Cellulose oder Pectin (in den Mittellamellen der Zellen) spaltenden Enzymen gebildet, so wird die verholzte Membran häufig zersetzt und daraus die Cellulose frei gemacht; aus den in Holz und Rinde der Bäume oft in beträchtlichen Mengen vorkommenden Glykosiden (Salicin, Populin, Amygdalin, Coniferin etc.) vermögen sie durch entsprechende Enzyme abspaltbare Kohlehydrate zu ihrerer Ernährung heranzuziehen, ebenso zersetzen sie vor allem Eiweissstoffe durch eiweisslösende, Stärke durch diastatische und Fette durch fettspaltende Enzyme. Die Durchbohrung der Zellwand einer Wirtszelle kann in manchen Fällen auch durch rein mechanischen Druck der vorwärts drängenden Hyphenspitze erfolgen, namentlich, wenn sich dieselbe durch besondere Haftorgane, sog. Adpressorien, eine Art Widerlager geschaffen hat. Autöcisch heissen die Pilze, welche ihren ganzen Entwicklungsgang auf einer Wirtspflanze durchlaufen, heterölcisch diejenigen, welche während ihrer Entwickelung auf eine zweite, von der ersten oft systematisch weit entfernt stehende Species übergehen.

§ 104. Die fruktifikativen Organe der Pilze bringen die Sporen hervor, von denen man Endosporen (in Sporangien erzeugte), Oo- und Zygosporen (durch Vereinigung zweier Zellen erzeugte), Exosporen oder Conidien und Chlamydosporen (auch Gemmen oder Gliedersporen genannt) unterscheidet. Der Name Schimmelpilz bezeichnet keinen systematischen Begriff, sondern lediglich eine Wuchsform: Pilze, deren Mycel entweder im Substrat oder auf dem Substrat lebt, deren Fruktifikationsorgane aber stets aus demselben heraustreten, von demselben fortwachsen und so an der Luft ihre Sporen produzieren. Die Conidien werden am Ende von einfachen Fruchtträgern (besonderen Hyphen) einzeln oder reihenweise abgeschnürt; zunächst sind sie einzellig, in manchen Fällen werden sie durch spätere Zellteilungen mehrzellig. Sind die pallisadenartig dicht gedrängten Conidienträger in eine vom benachbarten Mycel gebildete und anfänglich geschlossene, meist mehrschichtige Hülle eingeschlossen, so heisst ein solches Gebilde Pycnide (auch wohl Conidienfrucht). Bildet das Mycel keine Conidienträger, sondern zerfällt es ganz oder zum Teil in kurze, conidienähnliche Teilstücke, so erhalten wir Gliedersporen oder Oidien; verdickt sich die Membran solcher Gliedersporen unter gleichzeitiger Anhäufung von Reservestoffen, so nehmen sie den Charakter von Dauersporen an und werden dann gewöhnlich Chlamydosporen oder Gemmen genannt. Besitzt ein Pilz mehr als eine Fruktifikationsform, so heisst er pleomorph. Die Lebenszähigkeit der Sporen ist meist grösser als diejenige des Mycels, namentlich der Austrocknung gegenüber. Im trockenen Zustand ist auch die Widerstandsfähigkeit vieler Sporen gegen hohe Wärmegrade eine sehr bedeutende. Gegen Kälte sind die meisten Sporen fast unbegrenzt widerstandsfähig, während das Mycel, namentlich das

saftreiche, oft schon bei geringen Kältegraden erfriert. Ueber das Verhalten der parasitischen Mycelien ist in dieser Hinsicht wenig bekannt; wahrscheinlich sind sie an das Klima, in welchem ihre Wirtspflanzen leben, angepasst und viele überwintern so anstandslos.

§ 105. Die für die Praxis ungemein wichtige Frage, ob ein baumbewohnender Pilz auch ein Parasit ist, liegt sehr einfach für alle die Pilze, welche zu Familien oder Gattungen gehören, die nur parasitisch lebende Vertreter aufweisen, wie z. B. die Uredineen, Erysipheen, Peronosporaceen und Exoasceen; ebenso liegt selbstverständlich ein Parasit vor, wenn ein Pilz auf lebenden Teilen eines Baumes gefunden wird. Sind dagegen die Pflanzenteile, auf welchen der Pilz zu Tage tritt, abgestorben, wie bei den meisten Asco- und Hyphomyceten, dann kann der Beweis für die parasitische Natur eines Pilzes gewöhnlich nur durch künstliche Infektion (Sporen- oder Mycelinfektion) geliefert werden, ebenso wie dann, wenn Insekten und Pilze auf einem abgestorbenen Pflanzenteile auftreten. Der Fehlschluss post hoc, ergo propter hoc kann in allen zweifelhaften Fällen nur durch richtig eingeleitete und durchgeführte Infektionsversuche vermieden werden. Bei den heterölcischen Uredineen ist künstliche Infektion unentbehrlich, um die zweite Wirtspflanze festzustellen. Die künstliche Infektion lehrt uns des weitern, welche Pflanzen überhaupt von einem bestimmten Pilze befallen werden, sie lehrt uns, in welchem Alterszustand, an welchen Teilen der Wirtspflanze und unter welchen äusseren Bedingungen die Infektion stattfindet, ob der Sporenkeimschlauch direkt eindringen kann, ob dies durch eine Spaltöffnung oder direkt durch die Membran stattfindet oder ob das Mycel durch vorausgehende saprophytische Ernährung erst hinreichend erstarken muss, wie solches z. B. auch bei den Wundparasiten der Fall ist, bei denen die Keimschläuche der Sporen nicht durch die intakte Oberfläche der Holzgewächse, sondern nur von Wundstellen aus eindringen, entweder zunächst in die offenen Hohlräume der Gefässe eintretend oder direkt die Zellwände durchbohrend. Endlich können durch solche Versuche allein die Umstände erkannt werden, welche das zustandekommen einer Infektion begünstigen oder hemmen und so die Mittel zur Bekämpfung oder Verhütung der Krankheit unter Umständen leichter gefunden werden.

Von den beiden Infektionsarten ist die Mycelinfektion der sicherere Weg, in der Natur aber die Sporeninfektion im allgemeinen wohl die häufigere Erscheinung, abgesehen von den Wurzelpilzen, bei welchen die Mycelinfektion Regel ist. Als Verbreitungsmittel der Sporen kommt in erster Linie der Wind in Betracht, dann Insekten, gelegentlich auch grössere Tiere.

§ 106. Wie das aggressive Verhalten der parasitischen Pilze sehr verschieden ist und je nach Species bald nur eine einzige Baumart, bald mehrere, bald eine grosse Anzahl verschiedener Arten befallen wird, so kommen in allen möglichen Abstufungen auch Unterschiede vor im Verhalten des nämlichen Pilzes gegen verschiedene Varietäten und Individuen sowie gegen verschiedenen Gesundheits- und Alterszustand der gleichen Holzart; Erscheinungen, die man als Prädisposition bezeichnet. Hierher gehört auch, dass manche Schmarotzerpilze die lebenden Gewebe der Holzpflanzen nur angreifen, wenn letztere sich im Zustande der Vegetationsruhe, andere, wenn jene sich in voller Lebenstätigkeit befinden, ferner dass manche Pilze nur in Keimblätter einzudringen vermögen, die Pflanze somit der Infektionsgefahr entrückt ist, sobald die Keimblätter abgefallen sind, ferner, dass viele Blätter nur im jugendlichen Zustand, d. h. so lange gefährdet sind, als sie noch nicht durch eine derbe Cuticula geschützt sind, dass feuchtwarmes Wetter, dumpfe Lagen manche Infektionen ungemein begünstigen u. a. m. Demgemäss unterscheidet man individuelle, zeitliche, örtliche und (namentlich nach vorausgegangenen Verwundungen)

krankhafte Prädisposition.

§ 107. Die Reaktion des lebenden Wirtes ist durch die spezifische Natur des Wirtes wie diejenige des Parasiten bedingt. Nur in seltenen Fällen bleibt der Parasit auf den Ort des Angriffs und dessen nächste Umgebung beschränkt, z. B. bei den Blattflecken- und -Löcherpilzen, die bei ihrer meist sehr geringen praktischen Bedeutung und grossen Artenzahl hier nicht weiter behandelt wurden; meist verbreitet er sich über grosse Strecken, dabei einzelne Organe oder Gewebe in erster Reihe oder ausschliesslich bevorzugend; auch kann er weite Strecken durchwachsen, ohne dieselben merkbar zu schädigen und erst an Orten, die von der Infektionsstelle weit entfernt sind, die Höhe seiner Entwickelung erreichen und zur Sporenbildung schreiten. Dem auch in diesen Beziehungen so verschiedenen aggressiven Verhalten der Parasiten entsprechend, ist die Wirkung auf den lebenden Wirt naturgemäss gleichfalls eine höchst verschiedene: sie kann im wesentlichen eine zerstörende oder eine umgestaltende oder beides zugleich bezw. nacheinander sein.

Dass durch einen fremden Organismus, der, wie ein parasitischer Pilz, ausschliesslich auf Kosten seines Wirtes lebt, die normalen physiologischen Funktionen des letzteren mehr oder weniger tiefgreifend gestört werden müssen, liegt auf der Hand; alle lebenden Zellen, aus denen der Schmarotzer Nahrung bezieht, werden geschädigt; sie können dabei am Leben bleiben oder rasch oder langsam absterben. Der Tod der Zellen erfolgt, weil der Pilz entweder ihren lebenden Inhalt aufzehrt oder sie durch Enzyme tötet, die von ihm abgeschieden werden. Auf letztere Weise gehen vielfach sogar Zellen in der Nachbarschaft des Parasiten zu Grunde, die mit den Hyphen oder Haustorien desselben gar nicht in direkte Berührung gekommen sind. Es können ferner ganze Gewebepartieen, bald rasch, bald langsamer, bald unter Verfärbung, bald ohne solche, bald nach vorausgegangener Hypertrophie (abnorme Vergrösserung oder Vermehrung der Zellen), bald ohne solche absterben. Es können endlich ganze Organe oder Organsysteme oder die ganzen Individuen getötet werden und die gleiche Wirkung wird natürlich erzielt, wenn ein Parasit die Basis eines Organs oder die Wurzel eines Baumes zerstört. Es kann aber auch der befallene Pflanzenteil am Leben bleiben und durch seine eigene Hypertrophie höher stehende Teile zunächst schädigen und später töten, wie beispielsweise beim Hexenbesen der Tanne das oberhalb der Ansatzstelle desselben befindliche Stück des Tragastes verkümmert und zum Schlusse abstirbt, ähnlich wie dies auch bei einem von einem Mistelbusche besetzten Zweige der Fall ist. In vielen Fällen bleiben die vom Pilze befallenen Gewebe mindestens bis zur Sporenreife des Pilzes am Leben, so z. B. bei den Rostpilzen, oder das Mycel des Pilzes perenniert Jahre lang in perennierenden Achsen und Wurzeln (Exoasceen, Nectria, Peziza Willkommii etc.).

Die Lebensdauer der Nadeln und Blätter, sowie anderer Organe und diejenige der ganzen Pflanze kann verkürzt werden (so bei Fichtennadeln, die von Chrysomyxa Rhododendri oder Ch. abietis, bei Kiefernnadeln, die von Lophodermium Pinastri befallen sind; nur einjährig ist die Lebensdauer der Hexenbesennadeln bei der Weisstanne; nach wenigen Jahren oder Jahrzehnten sterben die Hexenbesen der Laubhölzer und der Tanne ab; vorzeitige Entlaubung kann bei sommergrünen Laubhölzern eintreten etc.). Es kann aber auch vorzeitige Belaubung eintreten, wenn der Pilz die von ihm befallenen Knospen zu vorzeitigem Austreiben reizt, wie beim Kirschen- und Tannenhexenbesen.

Was die umgestaltende Wirkung der parasitischen Pilze auf die Gestalt und den anatomischen Bau der Wirtspflanzen anlangt, so kommen hier Verkümmerungen und Hypertrophieen von Zellen und Geweben wie von ganzen Or-

ganen, namentlich abnorm gesteigertes, Längen-, Flächen- oder Dickenwachstum vor. So finden wir namentlich an Blättern krankhafte Kräuselungen (Taphrina resp. Exoascus), Wucherungen, die mitunter den Charakter von Neubildungen tragen, wie die von Exobasidium hervorgerufenen Alpenrosenäpfel auf den Blättern der Alpenrosen, die grossen blasigen Ausstülpungen von Taphrina an den Schuppen der Erlenzäpfchen und andere Pilzgallen mehr; es können Blüten und Früchte, die von Taphrina befallen sind, in weitgehendem Masse deformiert werden, wie die Fruchtknoten der Pappeln, der Zwetschgen und die von Prunus Padus. — In anderen Fällen veranlasst der Parasit die befallenen Organe zu abnorm starker Verzweigung mit ganz anderer Wuchsrichtung der Zweige (Hexenbesenbildung) oder die Verzweigung fällt spärlicher aus als an gesunden Trieben. Ferner kann die Blütenbildung unterdrückt werden, wie bei den Hexenbesen der Prunusarten, oder die Samenreife, wie bei den von Sclerotinia mumifizierten Früchten von Sorbus oder bei den infolge der Infektion von Aecidium strobilinum tauben Fichtenzapfen. — Dass derartige pathologische Gewebe sich von den normalen durch einen mehr oder weniger abweichenden anatomischen Bau auszeichnen, sei hier nur kurz erwähnt, ebenso, dass in den erkrankten Zellen vor dem Absterben die verschiedensten Veränderungen des Zellinhaltes auftreten können, wie namentlich Verminderung oder Verschwinden des Chlorophylls, Auftreten (gelber oder) roter im Zellsaft gelöster Farbstoffe, Verschwinden der Stärke oder abnorme Anhäufung derselben, Anhäufung von oxalsaurem Kalk etc. — Endlich liegt es auf der Hand, dass der gewaltige Verbrauch an Baustoffen für alle derartigen Hypertrophien, die für die befallene Pflanze ganz zwecklos sind und anderen wichtigen Organen natürlich vorenthalten bezw. entzogen werden, an und für sich schon eine empfindliche Schädigung der Wirtspflanze bedeutet.

§ 108. Die wirtschaftlich schlimmsten Feinde unserer Waldbäume sind diejenigen Parasiten, die förmliche Epidemien hervorrufen, namentlich unter den jugendlichen Holzpflanzen und die ganze junge Kulturen unter Umständen vollständig vernichten können; ihnen folgen die holzzerstörenden Pilze, deren Schädlichkeit vielfach dadurch ungemein vergrössert wird, dass viele von ihnen rein saprophytisch zu leben vermögen und an dem geschlagenen Holz bei zu langem Liegen und bei ungeeigneter Aufbewahrung, im Walde wie auf dem Holzlagerplatz, noch die grössten Zerstörungen anrichten können. Ueber die praktische Bedeutung der Gefahr, die den einzelnen Bäumen und Waldungen von den einzelnen Parasiten droht, lässt sich sehr wenig bestimmtes und allgemeines sagen, weil diese Gefahr nicht nur bei verschiedenen Pilz- und Holzarten, sondern auch bei dem nämlichen Pilz und bei der nämlichen Holzart je nach Standorts-, Ernährungs- und Entwickelungsverhältnissen ausserordentlich wechselt, weil ein infolge waldbaulicher Fehler schlechter Stand des Waldes oder aus irgend einem anderen Grunde kümmernde Pflanzen vielfach erst die nötigen Voraussetzungen für einen erfolgreichen Parasitenangriff in grösserem Umfange schaffen und weil wir über die Bedingungen, unter denen im Freien wirksame Infektionen zustande zu kommen pflegen, in den meisten Fällen — von den Rostpilzen abgesehen — ausserordentlich wenig wissen. Endlich werden manche Pilzinfektionen erst dann wirklich schädlich, wenn sie in Verbindung mit vorangegangenen, gleichzeitigen oder folgenden Insektenbeschädigungen auftreten.

II. Die einzelnen Pilzarten.

1. Niedere Pilze (Phycomycetes).

§ 109. Das Mycel der Phycomyceten oder Algenpilze ist, ähnlich dem Vege-

tationskörper der Siphoneen unter den Algen, vor der Bildung der Fortpflanzungsorgane normalerweise nicht durch Querwände gegliedert. Die Fortpflanzung ist entweder eine geschlechtliche durch Zygo- oder Oosporen, oder eine ungeschlechtliche durch Conidien oder in Sporangien erzeugte Endosporen, die nicht selten beweglich sind (in Wassertropfen) und dann Schwärmsporen genannt werden. Nur aus der durch Oosporenbildung ausgezeichneten, endophytisch lebenden Familie der Peronosporaceae ist ein Forstschädling bekannt, die Phytophthora omnivora de Bary (Syn. Ph. Fagi Hartig), die in Saatbeeten von Laub- und Nadelhölzern und namentlich in natürlichen Buchenverjüngungen als Keimlingskrankheit epidemisch auftritt (cf. Bd. II p. 86). Das später quer gefächerte Mycel wächst vorzugsweise intercellular mit kleinen, knopfförmigen Haustorien; die Conidienträger durchbrechen, oft in grosser Zahl, die Epidermis oder sie treten aus Spaltöffnungen hervor und bilden an der Luft eine grosse, endständige, citronenförmige Conidie. Unterhalb derselben treibt der Conidienträger gewöhnlich einen kurzen Seitenzweig, der an seinem Ende gleichfalls eine Conidie bildet und die erste zur Seite schiebt. Die Conidien fallen ab und keimen bei feuchtem Wetter, indem sie zum Zoosporangium werden und eine Anzahl 2wimperiger Schwärmsporen entlassen, welche nach kurzer Schwärmzeit zur Ruhe kommen und einen Keimschlauch treiben. Derselbe dringt, wenn die Keimung auf einem Buchenkeimblatt stattgefunden hat, in die noch nicht durch eine Cuticula geschützte Epidermis desselben ein und entwickelt sich rasch zum Mycel, das bald neue Conidienträger bildet. Die Conidien können auch direkt mit Keimschlauch auskeimen. Später entstehen im Innern des Blattes zahlreiche Oosporen, welche die Dauersporen des Pilzes darstellen, mit dem verfaulenden Laub in den Boden gelangen und frühestens im nächsten Frühjahr keimen, aber auch mehrere Jahre im Boden liegen können, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. — Die hellgrünen Keimpflanzen der Buche werden dunkelgrün, am Stengel treten missfarbene Flecke auf, die Wurzeln werden schwarz, die Keimblätter und die jüngsten Laubblätter werden braunfleckig und verfaulen rasch bei Regenwetter. Erkrankte Nadelholzkeimlinge fallen um.

2. Schlauchpilze (Ascomycetes).

§ 110. Das Mycel ist von Anfang an durch Querwände gegliedert und bildet bei den niederen Formen direkt, bei den höheren in sog. Fruchtkörpern Sporangien von keulen- oder schlauchförmiger Gestalt, Asci genannt, in welchen nach wiederholter Kernteilung Endosporen (Ascosporen) in je nach der Art wechselnder, aber (von den hier nicht in Frage kommenden Hemiasci abgesehen) stets bestimmter Anzahl gebildet werden. Zur Sporenbildung wird in der Regel nicht das gesamte Plasma des Ascus verbraucht. Die Sporen sind anfänglich stets einzellig, können aber bei manchen Arten durch Querwandbildung später mehrzellig werden. Sie werden gewöhnlich aus dem am Scheitel aufreissenden Ascus ausgespritzt. In den Fruchtkörpern, die, von wenigen Fällen abgesehen, ungeschlechtlich entstehen, bilden die Asci und die häufig zwischen denselben stehenden sterilen Hyphenenden, die Paraphysen, eine zusammenhängende Schicht, das Hymenium, das von einer mehr oder minder starken Hülle dicht verflochtener Pilzfäden, der Peridie, ganz oder teilweise eingeschlossen wird. Ausserdem kommen als Fortpflanzungsorgane noch die verschiedenartigsten Conidien sowie Chlamydosporen vor.

§ 111. Die Gattung Taphrina (incl. Exoascus) aus der Familie

der ausschliesslich parasitisch lebenden Exoascaceae[47]), besitzt keine Fruchtkörper, sondern die normalerweise 8sporigen Asci brechen in grosser Zahl und dicht gedrängt aus der Oberfläche des vom vegetativen Mycel bewohnten Pflanzenteils hervor. Das Mycel lebt teils 1jährig direkt unter der Cuticula der befallenen Blätter, teils (Exoascus z. T.) perennierend in Knospen oder älteren Achsenteilen und entwickelt dann in der Vegetationsperiode in Laub- oder Fruchtblättern subcuticular ein einschichtiges Hyphengeflecht, aus dessen Zellen je ein Ascus hervorgeht. Die Ascosporen sprossen nicht selten im Ascus hefeartig aus.

a) Förmliche Hexenbesen werden von folgenden Arten gebildet, deren Asci sich auf Blättern entwickeln:

1. Taphrina Cerasi Sadeb. auf Prunus cerasus, avium und Chamaecerasus. Hexenb. z. Teil sehr gross, nie blühend. Blätter gekräuselt, durch Ascenüberzüge unterseits grau bereift.

2. T. Insitiae Johans. auf Prunus Insitia und domestica. Hexenb. kleiner. Blätter unterseits mit grauweiss bereiften Flecken.

3. T. Carpini Rostr. auf Carpinus Betulus. Hexenb. z. Teil sehr gross, dichtbuschig und dichtbelaubt, mit gekräuselten, unterseits grau bereiften Blättern.

4. T. turgida Sadeb. auf Betula verrucosa. Hexenb. gross, sehr dicht verzweigt, mit hängenden Zweigen und etwas gekräuselten, unterseits grau bereiften Blättern.

5. T. betulina Rostr. auf Betula pubescens. Hexenb. mit grau bereiften Ueberzügen auf der Blattunterseite.

6. T. epiphylla Sadeb. auf Alnus incana. Hexenb. sehr zahlreich auf demselben Baum, stark verdickt, sehr schwach verzweigt, mit grauweissem Ascenüberzug auf beiden Blattseiten.

b) Blosse Sprossdeformationen (Asci ebenfalls auf den Blättern) bilden:

7. T. Tosquinetii Magn. auf Alnus glutinosa sehr häufig; Triebe gestreckt und verdickt, Blätter durch sehr grosse Blasen abnorm vergrössert, mit grauweissen Ueberzügen. — 8. T. Janus Thomas auf Betula verrucosa; blassrote Blattbeulen, die beiderseits Asci tragen. — 9. T. Ulmi Johans. auf Ulmus campestris und montana; Blattflecke und blasige Auftreibungen. — 10. T. Celtis Sad. auf Celtis australis; Blattflecke oder schwache Auftreibungen. — 11. T. Crataegi Sadeb. auf Crataegus oxyacantha und monogyna; Verkrümmungen und rote Flecken an den Blättern.

c) Nur blasige Auswüchse, Blattflecken oder glatte Ascenüberzüge (ohne Sprossdeformationen) erzeugen:

12. T. aurea Fries an Populus nigra, pyramidalis und monilifera; grosse blasige Auftreibungen der Blätter mit goldgelben Ascusüberzügen der konkaven Unterseite. — 13. T. Sadebeckii Johans. auf Alnus glutinosa; runde gelbliche oder grauweisse Blattflecke. — 14. T. carnea Johans. auf Betula pubescens; fleischrote blasige Auftreibungen. — 15. T. coerulescens Tul. auf Q. sessiliflora, pubescens, Cerris, rubra etc.; unregelmässige, graue oder bläuliche Blattflecke. — 16. T. polyspora Johans. an Acer tartaricum und 17. T. acericola Mass. an Acer campestris und Pseudoplatanus; Blattflecke. — 18. T. bullata Tul. auf Pirus communis; blasige Auftreibungen der Blätter. — 19. T. Ostryae Massal auf Ostrya carpinifolia; Blattflecke. — 20. T. Betulae Johans. auf Betula verrucosa und pubescens; weisse bis

47) Die reiche Exoasceenliteratur ist sehr vollständig zusammengestellt bei K. Giesenhagen: Exoascus, Taphrina und Magnusiella (Bot. Ztg. 1901, I. Abt. p. 115—142.)

gelbliche Blattflecke.

d) Den Fruchtknoten oder Teile der Frucht deformieren:

21. T. Pruni Tul. auf Prunus domestica und P. Padus. — 22. T. Rostrupiana (Sadeb.) auf P. spinosa, die sog. Narren oder Taschen erzeugend. — 23. T. Farlowii Sadeb. auf P. serotina; Deformation der Blätter, Sprossspitzen und Blütenhüllen, Taschenbildung der Früchte. — 24. T. Alni incanae Magn. auf Alnus incana, gemein in den Voralpen und Alpen, an A. glutinosa selten; die Deckschuppen der Erlenzäpfchen wachsen zahlreich zu langen, gekrümmten, roten Blasen aus. — 25. T. Johansonii Sadeb. an Populus tremula und tremuloides; blasige Auftreibung und Gelbfärbung des Fruchtknotens. — 26. T. rhizophora Johans. desgl. bei Populus alba.

Sämtliche nun folgende Abteilungen der Ascomyceten besitzen sog. „Fruchtkörper" (Carpoasci).

§ 112. Die Vertreter der Familie der Meltaupilze (Erysiphaceae) leben ausschliesslich epiphytisch auf Blättern und jungen Zweigen und senden Haustorien in die Epidermiszellen. Zahlreiche, aufgerichtete Fäden des Mycelüberzugs zerfallen in eiförmige Gliedersporen (Oidien), so dass die erkrankten Pflanzenteile wie mit Mehl bestäubt aussehen. Die allseitig geschlossene Hülle der punktförmig kleinen, auf dem Mycel zerstreuten Fruchtkörper wächst oft zu charakteristischen fadenförmigen Anhängseln aus. Die Ascosporen werden durch Verwitterung der Hülle frei.

Podosphaera enthält in den kugeligen Fruchtkörpern nur einen einzigen, kugeligen Ascus mit 8 Sporen. Die fadenförmigen Anhängsel sind am Ende mehrfach gabelig verzweigt. — P. oxyacanthae D. C., hauptsächlich mit Oidiumfruktifikation auf Blättern von Sorbus, Mespilus, Crataegus und besonders schädlich an Apfelbäumen.

Uncinula besitzt kugelige Fruchtkörper mit mehreren, 2—8sporigen Schläuchen und fadenförmige, einfache oder gabelig verzweigte Anhängsel mit eingerollten Spitzen. — 1. U. Aceris D. C. (mit ovalen Oidien) bildet weisse Flecke auf Ahornblättern. In Entwickelung begriffene von ihr befallene Blätter verkümmern. — 2. U. Tulasnei Fuck. (mit kugeligen Oidien) bildet gleichmässigere Ueberzüge auf den Blättern von Salix, Betula und Populus. — 3. U. Salicis D. C. bildet teils weisse Flecke, teils derbere Ueberzüge auf den Blättern von Salix, Betula und Populus. — 4. U. clandestina Biv. (U. Bivonae Lév.) auf Blättern von Ulmus montana. — 5. U. Prunastri D. C. auf Blättern von Prunus spinosa.

Phyllactinia besitzt abgeplattete Fruchtkörper mit mehreren 2(—3)-sporigen Schläuchen und langen, abstehenden, haarförmigen, an der Basis kugelig angeschwollenen Anhängseln. — Ph. suffulta Rebent. (Ph. guttata Wallr.) bildet weisse Flecken und Ueberzüge auf den Blättern von Fagus, Quercus, Betula, Alnus, Carpinus, Corylus, Fraxinus und vielen anderen Laubhölzern. In Rotbuchenbeständen veranlasst sie nach Hartig zuweilen frühzeitiges Vertrocknen der Blätter.

§ 113. Die schwarzen, als „Russtau" bekannten Ueberzüge auf den Blättern der verschiedensten Bäume und Sträucher werden durch das kurzgliederige, dickwandige Luftmycel der der Gattung Apiosporium (Synon. die bekannteren Namen Capnodium, Fumago) gehörigen Perisporiacee A. salicinum (Pers.) Kze u. a. Arten, namentlich auf Pappeln und Weiden gebildet. — 2. A. pinophilum Fuck. bedeckt oft ganze Zweige der Weisstanne samt den Nadeln mit schwarzem

Ueberzuge. — Der Russtau stellt sich gewöhnlich nach starker Vermehrung der Blattläuse ein, von deren süssen Ausscheidungen, dem Honigtau, der Pilz sich rein saprophytisch nährt; unterhalb der schwarzen Decke bleiben die Blätter durchaus grün. Bei sehr starkem Auftreten kann er Blätter allmählich zum Absterben bringen.

§ 114. Bei den Kernpilzen (Pyrenomycetes) kleidet das Hymenium die Innenfläche flaschenförmiger oder rundlicher, am Scheitel mit einer engen Oeffnung versehener Behälter, der Perithecien, aus, von deren Basis die Asci entspringen. Die Ascusfrüchte können aus einem einzigen Perithecium bestehen, gewöhnlich aber sind viele in einen charakteristisch gestalteten Fruchtkörper oder in ein flaches oder polsterförmiges Lager (Stroma) eingesenkt.

Die Gattung Nectria, aus der Familie der Hypocreaceae (mit weichen, gefärbten, in ein Stroma vereinigten Perithecien) besitzt gelb- bis rotgefärbte Perithecien, die sich auf einem ebenso gefärbten Stroma, gewöhnlich in dichten Rasen, entwickeln. Die Asci enthalten 8 zweizellige Sporen.

1. N. cinnabarina Fr. ist der gemeinste Saprophyt an abgestorbenem Laubholz, aus dessen Rinde zahllose, kleine, ziegelrote Conidienpolster hervorbrechen, auf denen im Herbst und Winter die dunkelroten Perithecien erscheinen. Das Mycel kann aber, besonders bei Aesculus und Ulmus, auch parasitisch von Wundstellen aus in lebende Aeste eindringen und sich im Holzkörper, besonders in den Gefässen rasch verbreiten, so die Wasserleitungsbahnen verstopfen und die Aeste zum Absterben bringen. Die Stärke der Holzzellen wird aufgezehrt und im Innern der Zellen bleibt eine grünliche Substanz zurück, wodurch der Holzkörper schwärzlich gefärbt erscheint.

2. N. ditissima Tul. ist der Erzeuger des Laubholzkrebses, der sich am häufigsten an der Rotbuche findet. Sie tritt nur als Parasit, in der Regel als Wundparasit auf, nach Hartig vorzugweise von Hagelwunden aus eindringend. Das Mycel lebt hauptsächlich in der Rinde und tötet dieselbe, langsam weiter wachsend. Die Krebsstellen entstehen, weil der Baum die allmählich grösser werdenden abgestorbenen Partieen alljährlich zu überwallen versucht. Die Conidienpolster sind weiss, die Perithecien rot. Bei Rotbuchen scheint das Mycel auch im Holze und zwar sehr schnell vorwärts wandern zu können, weil bei manchen Bäumen oft alle Aeste und Zweige bis zur Spitze zahlreiche Krebsgeschwülste tragen, ohne in ihrer Länge verkürzt zu sein.

3. N. Cucurbitula Fr. ist ein Wundparasit der Fichte, seltener der Tanne, Kiefer und Lärche etc. Das Mycel verbreitet sich rasch in der Rinde, besonders in den Siebröhren und meist zur Zeit der Vegetationsruhe und tötet die Rinde und an schwächeren Zweigen und Stämmen auch das Holz. In jungen Fichtenkulturen sterben so häufig die Gipfel ab. Die Fruchtkörper entwickeln sich nur, wenn die abgestorbene Rinde stets feucht erhalten wird. Zuerst brechen stecknadelkopfgrosse weisse und gelbe Conidienpolster hervor, auf denen später rote Perithecien gebildet werden.

§ 115. Aus der grossen Pyrenomyceten-Familie der Sphaeriaceae (mit dunkeln, festwandigen oder kohlig-brüchigen Perithecien, die dem Substrate völlig frei aufsitzen oder von einer fädigen Unterlage umgeben, aber nie in ein eigentliches Stroma eingesenkt sind), kennen wir eine Anzahl von Baumschädlingen.

Trichosphaeria parasitica R. Hartig befällt überall die Weisstanne (selten Fichte und Tsuga) an luftfeuchten Orten, wo man in natürlichen Verjüngungen oder bei dichtem Pflanzenstand überall Zweige sieht, deren zum Teil gebräunte

Nadeln herabhängen und nur durch ein feines Mycel festgehalten werden. Das farblose Mycel perenniert auf der Zweigunterseite und wächst von da auf die Unterseite der Nadeln, dieselben gleichsam festspinnend. Von den meist erst im folgenden Jahre getöteten alten Nadeln wächst das Mycel auf die jungen Maitriebe, tötet die noch nicht ausgewachsenen Nadeln der Zweigbasis sofort, während die mittleren und oberen auswachsen und erst später von dem langsam vordringenden Mycel ergriffen werden. Im Frühjahr sind mitunter junge Triebe dicht übersponnen und alle Nadeln getötet, so dass der Zweig abstirbt. Auf den anfänglich weissen, später bräunlichen Mycelpolstern der Blattunterseite entspringen mit blossem Auge kaum wahrnehmbare, schwarze Perithecien mit borstenförmig abstehendem Haarbüschel auf der oberen Hälfte. Die Asci enthalten 8 sofort keimfähige, 4zellige, hellgraue Sporen.

Herpotrichia nigra R. Hartig ist biologisch dadurch interessant, dass der Pilz in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft bei niederer Temperatur noch unter dem Schnee oder bei Abgang des Schnees wächst. Das russgraue Mycel überzieht vom Schnee niedergedrückte Zweige und junge Pflanzen von Latschen und Fichten (und Wachholder) in höheren Gebirgslagen, Zweige und Nadeln bierfilzartig zusammenspinnend und tötend. Im Knieholz entstehen so grosse Fehlstellen, die aussehen, als ob alles durch Feuer verkohlt sei und ebenso wird in höheren Gebirgslagen oft grosser Schaden an Fichten Saat- und Pflanzbeeten, sowie an jungen vom Schnee umgelegten Fichtenpflanzungen verursacht. — Die schwarzbraunen Perithecien sind ca. $^1/_3$ mm gross und enthalten in 2 Reihen 8, anfangs 2zellige, leicht keimende Sporen.

Rosellinia quercina R. Hartig, der Eichenwurzeltöter, befällt und tötet bei feuchtwarmer Witterung die Wurzeln 1—3jähriger (gelegentlich auch bis 10jähriger) Eichen, infolge dessen die oberirdischen Teile verbleichen und vertrocknen; er ist namentlich im Nordwesten Deutschlands sehr verbreitet. Das Mycel dieses interessanten Parasiten besitzt dieselbe Mannigfaltigkeit, wie dasjenige von Agaricus melleus. An den kranken Wurzeln bilden sich stecknadelkopfgrosse schwarze Sklerotien, besonders an der Ursprungsstelle der feineren Seitenwurzeln. Daneben entstehen zwirnfadenähnliche, anfangs weisse, später bräunliche Stränge, die „Rhizoctonien", welche äusserlich die Wurzeln umspinnen, in der Erde weiter wachsen und die Krankheit von Wurzel zu Wurzel verbreiten; gelegentlich wuchert das weisse Mycel auch oberirdisch in dem grasigen Bodenüberzuge. Die Sclerotien bilden in feuchter Luft ein dichtes weissgraues Schimmelmycel, das später ebenfalls Rhizoctonien bildet. Alle Mycelarten dringen in die lebende Rinde ein an Wurzelspitzen, durch die Lenticellen und besonders an der Basis der Seitenwurzeln, wo sich zunächst Infektionsknöllchen bilden, von denen bei günstigen Witterungsverhältnissen Mycelfäden ins Innere der Wurzel wachsen. Die Rindenzellen werden mit dichtem Mycel (Pseudoparenchym) erfüllt und getötet und schliesslich dringt das Mycel bis zur Markröhre vor. Das Wurzelholz schwärzt sich zunächst und wird zuletzt weissfaul. Bei kaltem und trockenem Wetter vermag sich die Wurzel durch Wundkork zu heilen, welcher die Umgebung der Infektionsknöllchen an der Basis der Seitenwurzeln von dem gesunden Gewebe abtrennt. Das Luftmycel bildet im Sommer Conidien auf quirlförmig verästelten Trägern, ausserdem entstehen stecknadelkopfgrosse, schwarze, kugelige Perithecien entweder an der Oberfläche der kranken Eichenwurzeln oder in deren Nähe an den Rhizoctonien auf der Bodenoberfläche.

Sphaerella (neuerdings Mycosphaerella genannt) laricina R. Hartig, der

Nadelschüttepilz der Lärche, ist nach Hartig einer der gefährlichsten Feinde der Lärche und grossenteils die Ursache des Lärchensterbens in den tieferen Lagen. Frühestens Ende Juni, meist erst im Juli werden die Nadeln braunfleckig, (die von Chermes geniculatus angestochenen schon im Mai) und fallen bald ab; in nassen Jahren sind oft schon im August die meisten Nadeln abgeworfen. In trockenen Jahren tritt die Krankheit nur in dumpfen Lagen auf oder da, wo die Lärche in andere Nadelhölzer eingesprengt ist, zwischen deren Nadeln die infizierten vorjährigen Lärchennadeln zum Teil hängen geblieben sind und Ascosporen gebildet haben. Mit Rotbuche unterbaut, oder mit derselben gemischt, gedeiht die Lärche in tieferen Lagen am besten, weil das abfallende Buchenlaub die viel früher abgefallenen Lärchennadeln bedeckt. — Das Mycel lebt intercellular. Die Conidienpolster durchbrechen die Epidermis der kranken, noch am Zweige hängenden Nadeln, bilden winzige schwarze Pünktchen mit stabförmigen Conidien, werden durch Regen abgewaschen und verbreiten bei feuchter Witterung die Krankheit rapide. An den abgefallenen Nadeln entstehen im nächsten Frühjahr noch kleinere schwarze Pünktchen in grosser Zahl, die Perithecien und vereinzelte Pycniden.

Aglaospora taleola Tul. verursacht wahrscheinlich als Wundparasit nach R. Hartig an Zweigen und Stämmen junger Eichen, an denen noch keine Borkebildung aufgetreten ist, gelegentlich eine verderbliche Krebskrankheit, indem kleinere oder grössere (bis mehrere Meter lange) Rindenstücke absterben, aufplatzen und allmählich überwallt werden. Das Mycel dringt auch etwas ins Holz ein, das sich oberflächlich bräunt. Auf der erkrankten Rinde, die später abgestossen wird, neigen die Perithecien gruppenweise mit langen Hälsen unter dem Periderm zusammen und durchbrechen dasselbe nur mit der Perithecienmündung. Die Asci haben 8 2zellige Sporen mit fadenförmigen Anhängseln. Ausserdem werden von dem Stroma, nahe der Perithecienmündung, noch 1zellige, sichelförmige Conidien abgeschnürt.

Das „Blauwerden" des Nadelholzes wird von Ceratostoma piliferum veranlasst. Das braungefärbte Mycel dringt von aussen in die toten Stämme, namentlich in abständige Kiefern und verbreitet sich sehr schnell im Splintholz, dasselbe zersetzend, während es das Kernholz mehr meidet.

§ 116. Die Hypodermataceae oder Ritzenschorfe besitzen flache oder längliche Fruchtkörper, die Apothecien (wie bei den Discomyceten) genannt werden; ihre häutig-ledrige schwarze Wandung ist mit den deckenden Substratschichten verwachsen und platzt nach der Sporenreife mit einem Längsspalt lippenartig auf. Bei feuchter Luft klappen die Ränder auseinander, bei trockener schliessen sie die Spalte. Das geschlossene Apothecium ist von dichtgedrängten Paraphysen erfüllt, zwischen die sich die 8sporigen Asci einkeilen. Die Sporen sind meist fadenförmig mit aufquellbarer Gallertmembran. Die Apothecien entstehen erst an den schon seit einiger Zeit vom Mycel getöteten Pflanzenteilen. Ausserdem werden noch kleine 1zellige Conidien in Pycniden gebildet.

Die Gattung Hypoderma hat keine lang fadenförmigen Sporen, dieselben sind stets viel kürzer als die Schläuche und zur Reifezeit 2zellig.

H. brachysporum (Rostr.) Tubeuf, der Nadelritzenschorf der Weymouthskiefer, tötet die Nadeln und jungen Triebe und kann ganze Waldpartieen durch völlige Entnadelung vernichten. Die Nadeln bräunen sich schon im Sommer, die Apothecien erscheinen als feine schwarze Linien, im Winter fallen die Nadeln ab. Die Ascosporen sind gestreckt oval.

Die Gattung Lophodermium hat langgestreckte, einzellige, fa-

denförmige Ascosporen; die Paraphysen sind zum Teil durch Querwände gegliedert und am Ende knopfförmig verdickt oder hackig gebogen.

1. L. nervisequium D. C., der Weisstannenritzenschorf, ist überall verbreitet, wo die Tanne heimisch ist; schädlich wird er nur dann, wenn der grösste Teil der Nadeln unter Bräunung abstirbt. Die abgestorbenen Nadeln bleiben lange am Zweige sitzen. Die Bräunung der Nadeln erfolgt im Mai bis Juli an 2jährigen, ins dritte Jahr eintretenden Nadeln. Wenige Monate nach der Bräunung erscheinen die Pycniden auf der Nadeloberseite als 2 wellig gekräuselte schwarze Längswülste. Später bilden sich die Apothecien in einem Längswulst auf der Mittelrippe der Unterseite, in der Regel im April des nächsten Jahres, also am dreijährigen Trieb reifend. Die meisten der erkrankten Nadeln fallen schon früher ab und entwickeln am Boden ihre Apothecien.

2. L. macrosporum R. Hartig, der Fichtenritzenschorf, erzeugt die Fichtennadelröte, die in 10—40jährigen Beständen sehr verschiedenartig, in manchen Jahren ungemein intensiv und gefährlich auftritt. Entweder bräunen sich die Nadeln vorjähriger Triebe im Frühling und bilden im Sommer (Juli) die Perithecien, welche in den mittlerweile 2jährig gewordenen Nadeln im April und Mai des nächsten Frühjahrs reifen (so z. B. im feuchten Klima des Erzgebirges von Hartig beobachtet), oder die Nadeln bräunen sich erst im Herbste (Oktober) an 2jährigen Trieben, die erste Anlage der Apothecien erfolgt im Juni des nächsten Jahres an den im dritten Jahre stehenden Nadeln und die Sporenreife im März oder April des folgenden Jahres, wenn die Nadeln nahezu das dritte Jahr vollendet haben. Dazu kommt noch im Herbst mitunter eine „Schütte" einjähriger gebräunter Nadeln, an denen sich nur kleine isolierte Apothecienhöcker bilden. — Die Apothecien entwickeln sich als lange, glänzend-schwarze Wülste auf den beiden Unterseiten der 4kantigen Nadeln. Die Sporen sind doppelt so lang, als beim Weisstannenritzenschorf.

3. L. abietis Rostr. bildet nach Rostrup auf der Fichten- und Tannennadel keine Längswülste, sondern erst gelbe Flecke und dann grosse schwarze Punkte, wobei sich die Nadel verfärbt. — 4. L. laricinum Duby auf Lärchennadeln mit sehr kleinen ($^1/_{10}$—$^1/_2$ mm) Apothecien, selten. — 5. L. juniperinum Fries auf Nadeln des gemeinen Wachholders. — 6. L. gilvum Rostr. befällt und tötet die Nadeln von Pinus Laricio. —

7. L. Pinastri (Schrad). Chevall., der Kiefernritzenschorf, verursacht die überall verbreitete und höchst gefährliche Nadelschütte der Kiefer, die aber auch andere Gründe, wie Spätfrost, Auffrieren, Vertrocknen etc. haben kann und die als spezifische Kinderkrankheit vornehmlich 1—4jährige Pflanzen unter allen Klima- und Bodenverhältnissen befällt und tötet; ältere Pflanzen werden relativ wenig von ihr geschädigt. Wie bei allen Ritzenschorfen hängt die Entwickelung ungemein von der Witterung ab, da die Fortpflanzungsorgane des Pilzes nur in abgestorbenen Nadeln gebildet werden und hierzu feuchtes Wetter Vorbedingung ist. Demgemäss hemmen trockene Sommer und kalte Winter die Entwickelung und Ausbreitung der Pilzschütte in hohem Grade, während regnerische Sommer und feuchtwarme Winter sie ebenso begünstigen. Die Infektion scheint nach den eingehenden Untersuchungen von Tubeuf[48]) an jungen Pflanzen im allg. nicht vor August stattzufinden, nicht im Mai an der jungen Nadel, wie man früher annahm, sondern erst an der völlig ausgebildeten. Die Primärnadeln werden frühestens im September, die Kurztriebnadeln wahrscheinlich erst später getötet. Bei feuchtem Wetter treten schon im

48) C. v. Tubeuf, Studien über die Schüttekrankheit der Kiefer 1901. 160 p. gr. 8° mit 7 Tfln. (Arb. a. d. biol. Abt. a. Kais. Ges.-Amt II. 1.)

ersten Herbste die zahlreichen, kleinen, schwarzen Pycniden auf; ihnen folgen die flachen, schwarzen Apothecien in grösserer Zahl auf der gleichen Nadel. Bei genügender Feuchtigkeit können sich die Apothecien in wenigen Wochen auf den abgestorbenen, vom Mycel des Pilzes durchwucherten Nadeln bilden. Im Freien reifen sie seltener an noch hängenden Nadeln, meist nach deren Abfall auf dem Boden. Die Apothecien sind grösstenteils schon im April aufgesprungen; die Reife der einzelnen Asci erfolgt sehr allmählich, so dass die Apothecien von April an den ganzen Sommer über (und auch noch im Winter) Sporen auswerfen können und die Infektionsmöglichkeit, soweit sie vom Pilze abhängt, jederzeit gegeben ist. Von den verschiedenen Bekämpfungsmitteln der Schütte ist als einzig durchschlagendes die Bespritzung im August mit Kupfermitteln (z. B. Kupferkalkbrühe) anzusehen; wie bei der Blattfallkrankheit des Weinstockes hält auch hier die Schutzwirkung bloss ein Jahr an. Ausser auf der gemeinen Kiefer kommt L. P., bis dato in forstlich bedeutungsloser Weise, auch auf P. montana, Laricio (und vielleicht andern Zweinadlern) und P. Cembra vor.

1. Hypodermella Laricis v. Tubeuf ist ein selten und bis dato nur in den Alpen beobachteter Parasit der Lärche, der die ganzen Nadelbüschel tötet und leicht mit Lophodermium laricinum (s. o.) verwechselt wird. Seine Apothecien sind noch kleiner, als bei L. l. und glänzender schwarz; der Ascus enthält bloss vier tränenförmige, 1zellige Sporen und die Paraphysen sind einfach, am Ende nicht verdickt oder verbogen.

2. H. sulcigena (Link) Tub. findet sich auf Nadeln von Pinus silvestris und montana.

§ 117. Die Scheibenpilze (Discomycetes) besitzen anfangs in der Regel geschlossene, zur Reifezeit scheiben- oder becherförmig offene Fruchtkörper, Apothecien genannt, an deren Oberfläche die Asci mit den Paraphysen (das Hymenium) ausgebreitet sind. Die Hauptmasse der Fruchtkörper wird von dem unter dem Hymenium liegenden Hypothecium gebildet. Forstliche Parasiten finden sich in den Familien der Rhizinaceae, Phacidiaceae und Pezizazeae.

Zur Familie der Rhizinaceae, mit fleischig wachsartigem, stiellosem Fruchtkörper, von anfang an frei liegendem, nicht vertieftem Hymenium und mit Deckel aufspringenden Schläuchen, gehört Rhizina undulata Fr., der Wurzelschwamm oder die Ringseuche, der als Saprophyt im Walde besonders auf Brandplätzen vorkommt, als Parasit die Wurzeln in- und ausländischer Nadelhölzer verschiedenen Alters angreift. Junge Pflanzen verlieren die Nadeln und sterben ab; in ihrer Umgebung erscheinen später die 1—5 cm grossen, flach ausgebreiteten, sammetglänzenden, dunkelbraunen, morchelähnlichen Fruchtkörper. Das aus den zu je 8 in einem Ascus gebildeten, hyalinen, kahnförmigen Sporen sich entwickelnde Mycel wächst intercellular im Rindenparenchym und im Lumen der Siebröhren. Aus den erkrankten Wurzeln treten rhizoctonienartige Stränge sowie fädiges Mycel aus und verbreiten unterirdisch die Krankheit zentrifugal.

§ 118. Zu den Phacidiaceae, in deren mit dem Substrat verwachsenes schwarzes Stroma die dickwandigen, in der Mitte lappig aufreissenden Fruchtkörper eingesenkt sind, gehören:

1. Rhytisma acerinum (Pers.) der Ahorn-Runzelschorf, welcher überall im August auf den grünen Blättern des Spitzahorns, etwas weniger häufig auf denen des Berg- und Feldahorns tintenklecksähnliche, ca. 1—2 cm

grosse, schwarze Flecken (flache Sklerotien) oft in grosser Zahl bildet. Die Blätter fallen meist etwas vorzeitig ab. Auf den abgefallenen Blättern sind im folgenden Frühjahr die Sklerotien etwas dicker und durch die wurmförmigen, etwas vortretenden Apothecien gehirnartig gerunzelt. Aus den bei nassem Wetter mit Längsspalt aufplatzenden Apothecien werden die mit Gallerthülle versehenen fädigen Ascosporen im Mai oder Juni mit grosser Kraft ausgeschleudert und vom Wind auf die Bäume getragen, wo 3 Wochen nach der Infektion schon gelbe Flecken zu sehen sind. 2. Rh. punctatum (Pers.) bildet auf den Blättern des Bergahorns aus zahlreichen ca. 1 mm grossen schwarzen Punkten zusammengesetzte Flecken, in deren nächster Umgebung das Blatt länger grün bleibt, so dass im Herbste die Rhytismaflecken in grüne Inseln des gelben Blattes eingebettet sind. 3. Rh. salicinum (Pers.) erzeugt auf den Blättern der verschiedensten Weidenarten grosse und kleine schwarze Flecken. 4. Rh. symmetricum J. Müller, solche besonders stark auf den Blättern der Purpurweide, wo auf Ober- und Unterseite Apothecien gebildet werden, die nach Schröter schon im Herbste auf den noch lebenden Blättern reifen.

Cryptomyces maximus (Fries.) bildet auf der Rinde verschiedener Weidenarten breite schwarze Krusten, die grosse Strecken der lebenden Zweige bedecken, bei Regen gallertig aufquellen, beim Trocknen sich abrollen und grosse Narben in der Rinde zurücklassen. Die ovalen Sporen dürften nach Tubeuf alsbald junge Triebe infizieren, in welchen das Mycel offenbar überwintert. Oberhalb des Fruchtlagers sterben die erkrankten Weidenzweige ab.

Scleroderris fuliginosa (Fries) tötet nicht nur schwache Zweige, sondern auch starke Aeste der verschiedensten Weiden. Auf der Rinde bilden sich ausgedehnte schwarze Krusten, aus denen die kleinen, gestielten, schüsselförmigen Apothecien in grossen Massen hervorbrechen. Der Pilz tötet Rinde, Cambium und die angrenzenden Holzpartieen, so dass befallene stärkere Zweige an den erkrankten Stellen sich unregelmässig verdicken, bis sie getötet werden.

§ 119. Zu den Pezizaceae, mit schüssel- oder krugförmigen, fleischigen oder wachsartigen, oft lebhaft gefärbten Apothecien, gehören:

1. Sclerotinia Aucupariae Ludw., mumifiziert durch Sclerotienbildung der Früchte von Sorbus aucuparia, 2. S. Padi Wor. diejenigen von Prunus Padus, 3. S. Betulae Wor., diejenigen der Birke, deren Nüsschen an Stelle der elliptischen eine herzförmige Gestalt bekommen, 4. S. Alni Naw., diejenigen der Erle, ähnlich wie Heidelbeere, Preiselbeere, Moosbeere, Rauschbeere durch entsprechende Sclerotinien mumifiziert werden. — Aus den Sclerotien entwickeln sich bei hinreichender Feuchtigkeit im Frühjahr die gestielten Peziza-Schüsselfrüchte.

Die Conidienform von Sclerotinia Fuckeliana de Bary, der gemeine Traubenschimmel Botrytis cinerea, der gewöhnlich saprophytisch lebt, tötet in nassen Frühjahren und Vorsommern mitunter die Nadeln und jungen Triebe der Weisstanne, der Fichte und der Douglastanne (Syn. B. Douglasii Tub.), selten Lärche und Kiefer. Bei der Weisstanne können auch vorjährige Triebe ergriffen werden.

Dasyscypha (syn. Peziza) Willkommii R. Hartig verursacht den gefährlichen Lärchenkrebs. Nach Hartig verbreitet sich das Mycel der an Wundstellen keimenden Sporen teils intercellular, teils im Lumen der Siebröhren, die Gewebe tötend und dringt später in das Holz vor bis zur Markröhre. Das getötete Rindengewebe wird im Sommer durch eine breite Wundkorkschicht von der lebenden

Rinde abgetrennt. Im Herbste kommt das Mycel, das anscheinend nur zur Zeit der Vegetationsruhe wächst, vom Cambium oder Holzkörper in die lebende Rinde zurück und vergrössert alljährlich die Krebsstelle, die gewöhnlich Harzfluss zeigt und sich in der Mitte, wo das Gewebe am längsten getötet ist, immer tiefer einsenkt und unregelmässiges Dickenwachstum des Stammes oder Astes veranlasst. Stammkrebse können in den Alpen Metergrösse und ein Alter von über 100 Jahren erreichen. Bei raschem Wachstum umfasst der Krebs bald das ganze Stämmchen und dessen oberer Teil stirbt ab. Auf den Krebsstellen brechen bald nach dem Tode des Rindengewebes junge, gelbe, stecknadelkopfgrosse Fruchtkörper hervor, die aber nur in anhaltend feuchter Luft zur Reife kommen und sich gewöhnlich im August oder September zu den 1—4 mm grossen, orangeroten, weissberandeten Pezizaschüsseln entwickeln. An abgestorbenen Teilen treten die Schüsseln auch ohne Krebsstellen auf. Luftfeuchte, dumpfe Lagen begünstigen im Hochgebirg wie im Flach- und Hügelland die Entwickelung des Pilzes.

Cenangium Abietis (Pers.) Duby, im allgemeinen ein harmloser Saprophyt, kann nach Frank Schwarz[49]) gelegentlich parasitisch auftreten und selbst grosse Epidemieen verursachen (1891 und 1892 in Norddeutschland). Der Pilz, der das auch aus anderen Ursachen eintretende Triebschwinden der gemeinen und der Schwarz-Kiefer verursacht, befällt nur Bäume von geschwächter Lebenskraft und nie solche unter 5 Jahren. Die Infektion erfolgt nur während der Ruheperiode der Pflanzen, das Mycel wächst hauptsächlich in der Rinde und bringt im Frühjahr namentlich die letzten Jahrestriebe mit den Endknospen zum Absterben, nachdem vorher die von der Basis her rot gewordenen Nadeln abgefallen sind. Später können auch ältere Teile und selbst ganze Pflanzen absterben. Nach Tubeuf können die Triebe auch nur lokal in grösserer oder kleinerer Ausdehnung erkranken. — Die $1^1/_2$—$2^1/_2$(3) mm grossen, schwarzen, pustelförmigen, fast ganz geschlossenen, nur bei Regenwetter sich öffnenden Apothecien brechen sehr zahlreich, zu kleinen Gruppen oder Streifen vereinigt, hauptsächlich an mehrjährigen, später auch an einjährigen Trieben und hier an den Blattnarben, selten an den Nadeln selbst hervor. Die etwas kleineren Pycniden bilden entweder 1zellige, stäbchenförmige, oder mehrzellige sichelförmige Conidien. — An den erkrankten Bäumen traten zumeist Nachkrankheiten auf (Spanner, Nonne, Gallmücken und Käfer), die schädlicher als die primäre Erkrankung wirkten.

§ 120. Aus der grossen Zahl der Fungi imperfecti, wie man die Pilze mit nur unvollkommen bekanntem Entwickelungsgange nennt, können hier nur einige der wichtigeren Arten aufgeführt werden, die wegen ihrer Conidien- und Pycnidenfruktifikation zu den Ascomyceten gerechnet werden:

1. Phoma abietina R. Hartig, verursacht die Einschnürungskrankheit der Tannenzweige. In Tannenwaldungen findet man häufig abgestorbene, benadelte Zweige und Gipfel der Unterwüchse, die eine breite, ringförmige Einschnürung mit abgestorbener Rinde aufweisen; aus letzterer brechen zahlreiche, kleine, schwarze Pycniden hervor, deren Sporen im August oder September infizieren. Im Frühjahr sterben die einjährigen Zweige ohne Einschnürung ab; diese tritt nur bei stärkeren Zweigen auf, die nach der bis auf das Cambium reichenden Tötung der Rinde oberhalb und unterhalb der erkrankten Stelle noch ein oder einige Jahre in die Dicke wachsen.

---

49) Frank Schwarz. Die Erkrankung der Kiefern durch Cenangium Abietis. Jena 1895. 126 p. 8°. 2 Tfln., vergl. auch v. Tubeuf, Schüttekrankheit l. c.

2. Ph. Pithya Sacc. ruft eine ähnliche Krankheit auf den Zweigen der Douglastanne (und der gemeinen Kiefer) hervor, 3. Ph. sordida Sacc. verursacht in nassen Sommern ein Absterben junger Weissbuchentriebe, deren Blätter noch den ganzen Sommer über hängen bleiben.

Septoria parasitica R. Hartig, der Pilz der Fichtentriebkrankheit, tötet häufig die Gipfel der Fichte (und Sitkafichte) von Säm- und Pflänzlingen bis zu 30jährigen Stangenhölzern. Ende Mai oder Anfang Juni hängen die jungen Triebe namentlich, wenn sie an der Basis infiziert wurden, schlaff herab und vertrocknen bald. Im Sommer brechen an den getöteten Zweigen die kleinen schwarzen Pycniden aus der Rinde hervor, namentlich an den Nadelpolstern und der Zweigbasis sowie aus den Nadeln der äussersten Triebspitze. Infektion im Frühjahr tötet die jungen Triebe nach 1—2 Wochen.

Brunchorstia Pini Allescher, verursacht vielfach eine von der Rinde beginnende und im Sommer bis zur Nadelbasis sich verbreitende Triebkrankheit von Pinus Laricio. Die kleinen Pycniden entwickeln sich an der Nadelbasis, unter den Nadelscheiden versteckt.

Gloeosporium nervisequium (Fuck.), nach Klebahn wahrscheinlich zu Laestadtia (Apiospora) veneta Sacc. gehörig, ruft die bekannte Epidemie der Platanenblätter (und gelegentlich auch der jungen Triebe) hervor, namentlich in feuchten Frühjahren, der oft eine grosse Anzahl der jungen, eben entfalteten Blätter zum Opfer fallen; dieselben werden von Mitte Mai an hauptsächlich längs der Nerven braunfleckig und vertrocknen und verschrumpfen später.

Pestalozzia Hartigii Tubeuf, die überall verbreitete Einschnürungskrankheit junger Holzpflanzen, befällt hauptsächlich junge Fichten und Tannen, namentlich in Pflanzbeeten, aber auch Rotbuchen, Eschen, Ahorn und andere Laubhölzer. Dicht über dem Boden ist das Stämmchen mehr oder weniger augenfällig eingeschnürt, die Blätter oder Nadeln vergilben zuerst, die Pflanze kümmert und stirbt schliesslich ab. In der Rinde der eingeschnürten Stelle findet sich ein zartes Stroma mit conidienabschnürenden Höhlungen. Die Conidien, in schwarzen Zäpfchen aus der Epidermis tretend, besitzen zwei mittlere braune Zellen, die zusammen eine tonnenförmige Figur bilden, eine lange hyaline Stielzelle und eine kleine hyaline Endzelle mit 2—3 hyalinen Borsten.

Septogloeum Hartigianum Sacc. tötet nach Hartig 1jährige Zweige des Feldahorns im Frühjahr vor dem Laubausbruch. Die strichförmigen, graugrünen Conidienpolster erscheinen im Frühjahr in grosser Zahl. Die Conidien infizieren die jungen Maitriebe, die sich zunächst normal entwickeln und erst im nächsten Frühjahr absterben.

Fusoma Pini R. Hartig (syn. F. parasiticum Tubeuf) ruft im Mai und Anfang Juni in Fichten- und Kiefernsaatbeeten (gelegentlich auch bei Erlen-, Birkenkeimpflanzen etc.) eine Keimlingskrankheit hervor, die sich in ihren äusseren Erscheinungen kaum von der durch Phytophthora erzeugten unterscheidet. Nasses Wetter ist der Ausbreitung der Krankheit sehr förderlich, da dann das Pilzmycel aus den erkrankten Pflanzen auch nach aussen hervorwächst und die benachbarten Pflanzen infiziert; die getöteten Pflänzchen verfaulen dann bald unterirdisch. An dem Luftmycel bilden sich reichlich sichelförmige, meist 6zellige Conidien, die schnell keimen und die Krankheit verbreiten.

Allescheria (Hartigiella Syd.) Laricis R. Hartig ruft im Mai und Juni, namentlich bei feuchter Witterung, eine verderbliche Nadelkrankheit der Lärche, besonders in Saat- und Pflanzbeeten hervor, wobei die Nadeln

braune Flecke bekommen oder ganz absterben. Aus den Spaltöffnungen wachsen dichtgedrängte kurze Conidienträger hervor, teilen sich durch Querwände in 3—4 Zellen und aus jedem Segment bildet sich, wie bei den Basidien der Uredineen, eine auf kurzem Sterigma stehende, einzellige, bisquitförmige Conidie.

1. Fusicladium (zu Venturia gehörig) dendriticum (Wallr.) Fuck. ruft an lebenden Blättern, Früchten und Zweigen der Apfelbäume (und Ebereschen), 2. F. pirinum (Lib.) Fuck. an denen der Birnbäume braune Flecken mit stacheligem Rand („Schorf") hervor und kann bei starkem Auftreten sehr schädlich werden. — 3. F. tremulae Frank tötet die Blätter der Aspe; die Blätter fallen ab, die Triebe vertrocknen. An den zum zweiten Mal gebildeten Trieben kann sich die Krankheit im Sommer wiederholen.

1. Cercospora acerina R. Hartig verursacht, namentlich in regnerischen Jahren, eine Keimlingskrankheit der Ahornpflänzchen: Die Keim- und ersten Laubblätter sowie die Triebachsen werden schwarzfleckig oder ganz schwarz und verfaulen. Aus den erkrankten Teilen wachsen zahllose kurze Conidienträger hervor, die auf ihrem Scheitel Büschel von langen, geschweiften, mehrzelligen Conidien erzeugen. Das intercellulare Mycel bildet durch Anschwellen kurzer Zellreihen braune, fädige Dauermycelien (einfachste Sclerotiumform), welche die Krankheit ins nächste Jahr übertragen.

2. C. microsora Sacc. erzeugt auf den Blättern der Linde kleine schwarze Flecken und verursacht oft massenhaften, vorzeitigen Laubfall.

3. Basidiomycetes.

Die Basidiomyceten sind durch den Besitz von Basidien charakterisiert, d. h. Conidienträgern, welche nach Form, Grösse, Zahl der Sporen und Entstehungsort derselben vollkommen bestimmt sind und welche bei den höheren Formen an der Oberfläche oder in Hohlräumen ungeschlechtlich entstandener Fruchtkörper ein Hymenium bilden.

§ 121. a) Die Rostpilze oder Uredineen gehören zu der unteren Stufe der Basidiomyceten, den Protobasidiomyceten, und sind durch quer geteilte Basidien ausgezeichnet, die immer aus Chlamydosporen hervorgehen und keine Fruchtkörper bilden; sie sind streng obligate Parasiten mit intercellularem Mycel, dessen Plasma orangerote oder -gelbe Oeltröpfchen führt. Den Namen verdanken sie der rotgelben, rostähnlichen Farbe, die ihre Sporenlager häufig aufweisen. Die Uredineen besitzen 5 verschiedene Sporenformen: Uredo-, Teleuto- und Aecidiosporen (die Chlamydosporen sind), Sporidien (Basidiosporen) und Spermatien (Conidien). Diese Sporenformen kommen keineswegs sämtlich bei jeder Species vor; niemals aber fehlen die Teleutosporen, welche bei den meisten Arten die Ueberwinterungsform des Pilzes darstellen. Die Teleutospore ist stets einzellig und sog. zwei- und mehrzellige sind als Reihen einzelliger T. aufzufassen. Bei der Keimung wächst aus jeder Teleutospore ein kurzer Mycelfaden, früher Promycel genannt, hervor, der durch Querwände in 4 Zellen zerfällt und dann eine quergeteilte Basidie vorstellt. Aus jeder der 4 Zellen der Basidie sprosst ein Faden (Sterigma) hervor, der an seiner Spitze eine Basidiospore (früher hier Sporidie genannt) trägt. Bei einigen Gattungen teilt sich die Teleutospore selbst durch Querwände in 4 Zellen und ist dann der Basidie homolog. Die Basidiosporen keimen in Wasser; ihre Keimschläuche dringen stets durch die Epidermiswandung ein. Nach ca. 2—3 Wochen erscheinen meist auf der Blattoberseite die Pycniden (Spermo-

gonien), deren Conidien (Spermatien) reduzierte Organe ohne Bedeutung zu sein scheinen, und bald nach ihnen die stets in Fruchtkörpern, Aecidien, eingeschlossenen, vom Grunde des Fruchtkörpers reihenweise abgegliederten Aecidiosporen, meist an der Blattunterseite becherförmig aufbrechend. Die Aecidien besitzen gewöhnlich eine Hülle, Pseudoperidie, aus einer einfachen Schicht steriler Zellen; fehlt dieselbe, so heisst das Aecidium Caeoma. Bildet das Aecidium (grosse) Blasen, die sich mit einem Riss öffnen, so heisst es Peridermium; öffnet es sich gitter- oder pinselartig, Röstelia. Die gleichfalls in Wasser mit einem Keimschlauch keimenden Aecidiumsporen infizieren durch die Spaltöffnungen und bringen nach ca. 8—14 Tagen Uredosporen hervor, die meist gestielt sind und in Büscheln oder Streifen beisammen stehen. Die Uredosporen keimen ebenfalls sofort in Wasser, aber mit mehreren Keimschläuchen, infizieren ebenfalls durch die Spaltöffnungen und bringen in 8—10 Tagen neue Uredofruktifikation hervor, die das Spiel wiederholt u. s. w., so dass wir in der Uredospore die hauptsächlichste Verbreitungsform der Rostpilze zu sehen haben und gewöhnlich eine ganze Reihe von Uredogenerationen in einer Vegetationsperiode auf einander folgt, bis zuletzt in den Uredolagern oder auch in besonderen Lagern die gewöhnlich derb- und dunkelwandigen, zumeist erst im nächsten Frühjahr keimenden Teleutosporen als Abschluss des Entwickelungskreislaufes auftreten. Die Aecidiumfrüchte wurden früher, als man den genetischen Zusammenhang mit den Uredosporen etc. noch nicht kannte, unter den oben genannten Namen als selbständige Gattungen beschrieben.

Hinsichtlich des Verhaltens zum Wirt unterscheiden wir zwei Gruppen: solche, die ihren ganzen Entwickelungsgang auf der gleichen Wirtspecies durchlaufen: autöcische Rostpilze, und solche, bei denen Aecidien und Spermogonien auf der einen Wirtspecies, Uredo- und Teleutosporen auf einer andern, meist im System weit davon entfernten Nährpflanze vorkommen: heteröcische oder wirtwechselnde Rostpilze. Die Heteröcie ist in manchen Fällen fakultativ, da manche heteröcischen Formen auch im Uredozustand überwintern können, z. B. Melampsorella Cerastii. Endlich kennen wir bei einzelnen Arten auch ein überwinterndes oder perennierendes Mycel; die mit letzterem versehenen Arten verursachen zum Teil starke Deformationen des Wirtes, doch können auch einjährige Arten einigermassen deformierend auftreten. Nach der Zahl der auftretenden Sporenformen bezeichnet man mit der Vorsilbe Eu- vor dem Gattungsnamen, z. B. Eupuccinia, eine Species, bei der Aecidien, Uredo- und Teleutosporen vorkommen, Hemi-(puccinia), wenn nur Uredo- und Teleutosporen vorkommen. Keimt die Teleutospore erst nach Winterruhe, so haben wir eine Mikro-(puccinia), keimt sie sofort, eine Lepto-(puccinia) etc. Eine ganze Anzahl der nach Konstatierung des heteröcischen Zusammenhangs beschriebenen „Arten" ist nicht einheitlich; dieselben umfassen Formen, die morphologisch nicht oder nur sehr wenig von einander verschieden sind, die sich aber in der Wahl ihrer Nährpflanzen scharf von einander unterscheiden und die man biologische Species, bezw. Gewohnheitsrassen genannt hat. Für das Studium der hierdurch noch viel verwickelteren Verhältnisse der Heteröcie sind kritische Infektionsversuche ein unentbehrliches Hilfsmittel der Forschung, die bei den Gewohnheitsrassen dadurch noch weiter erschwert wird, dass direkt nicht unterscheidbare Teleutosporen verschiedener Arten nicht allzu selten auf dem gleichen Individuum und selbst auf dem gleichen Blatte vorkommen. Durch wiederholte Infektions- und Rückinfektionsversuche ist der genetische Zusammenhang vieler heteröcischer baumbewohnender Formen im letzten Jahrzehnt namentlich durch die Forschungen von Klebahn[50]), dann Fischer, v. Tubeuf,

50) Klebahn, Kulturversuche mit heteröcischen Uredineen 1.—10. Bericht. Zeitsch.

Rostrup, Dietel, Hartig, Wagner, Magnus u. s. w. geklärt worden.

Die forstlich wichtigsten Rostkrankheiten sind diejenigen der Nadelhölzer: auf der Kiefer kommen vor und zwar auf den Nadeln mindestens 12 zur Gattung Coleosporium gehörige Nadelblasenroste, (früher als Peridermium Pini acicola bezeichnet), mehrere Rindenblasenroste, (früher als Peridermium Pini corticola bezeichnet), zu einer anderen Gattung, Cronartium gehörig, und der Kieferndreher, Caeoma pinitorquum, zur Gattung Melampsora gehörig; auf der Weisstanne schmarotzt vor allem, Krebs und Hexenbesen erzeugend, das zu Melampsorella gehörige Aecidium elatinum. auf den Nadeln sonst unveränderter Pflanzen die zu Calyptospora und Pucciniastrum gehörigen Aecidien und das zu Melampsora gehörige Caeoma abietis pectinatae, auf Fichtennadeln finden wir die Aecidien von Chrysomyxa Rhododendri und Ledi, die Teleutosporen von Chrysomyxa Abietis, auf Fichtenzapfen das zu Thecopsora (Pucciniastrum) Padi gehörige Aecidium strobilinum und das seltene Aecidium conorum, auf Juniperus verschiedene Gymnosporangiumarten, auf Lärchennadeln (Caeoma laricis) mindestens 6 zur Gattung Melampsora gehörige Arten und 1 Melampsoridium (Aecidium Laricis), auf Weiden-, Birken- und Pappelblättern die orangefarbenen Uredo- und dunkeln Teleutosporenlager zahlreicher Melampsoraarten. —

§ 122. Die Familie der Melampsoraceae[51]), mit 1—4zelligen, zu flachen oder polsterförmigen Lagern vereinigten, ungestielten Teleutosporen, die typische Promycelien (Basidien) und kleine (ca. 10 μ) kugelige Basidiosporen bilden, enthält folgende Rostpilze der Holzgewächse:

Melampsora, mit einzelligen Teleutosporen, die pallisadenartig dicht gedrängt einschichtige, pechschwarze Krusten unter der Epidermis bilden und mit frei vortretenden Basidien keimen. Die polsterförmigen Aecidien ohne Pseudoperidie werden Caeomalager genannt. Die einzeln auf Stielen stehenden Uredosporen mit farbloser Membran und meist ohne deutlichen Keimporus stehen, mit kopfig verdickten Paraphysen gemischt, in gelben Polstern meist auf der Blattunterseite. — Die Wirtwechselverhältnisse sind bei dieser Gattung die mannigfaltigsten und kompliziertesten. Die Nährpflanze, auf welcher die Uredo- und Teleutosporen erwachsen sind, hat einen gewissen Einfluss auf das Verhalten des Pilzes gegen die Caeomanährpflanze. Der Speciesnamen der biologischen Arten ist nach dem Teleutosporenwirt zu wählen und nach Klebahn vor denselben der Name des Caeomawirtes zu setzen (bezw. derjenige des wichtigsten derselben oder der Untergattung, zu welcher die Caeomawirte gehören.)

Auf Pappelblättern sind z. Z. 7 Melampsoraarten bekannt, die wichtigste derselben ist:

1. Melampsora pinitorqua Rostr., welche ihre Uredo- und Teleutosporen auf den Blättern der Zitter- und Silberpappel, sowie denen von P. canescens oft in ausserordentlicher Menge bildet und die auf der Kiefer als Caeomawirt den in ganz Deutschland verbreiteten Kieferndreher (Caeoma pinitorquum) hervorruft. Die 1—3 cm langen, mit Längsriss aufspringenden, gelben Caeomapolster erscheinen (ausser an den Nadeln der Keimpflanzen) an der Rinde junger Triebe, die ihre Längsstreckung noch nicht beendet haben. 1—3jährige Pflanzen werden meist getötet, an dickeren Trieben stirbt die befallene Stelle einseitig ab, durch weitere

für Pflanzenkrankh. 1892—1902. Hier ist auch die weitere Literatur ausführlich citiert.

51) Systematik der Rostpilze im Allg. nach der trefflichen Bearbeitung von Dietel in Nat. Pflanzenf. I. 1**.

Streckung der gesunden, gegenüberliegenden Seite und durch sein eigenes Gewicht krümmt sich der Trieb abwärts, um sich später, im ganzen eine ∽förmige Figur bildend, wieder aufzurichten. Das Mycel kann Jahrzehnte lang perennieren und alljährlich neue Caeomapolster bilden, die bei trockenem Wetter vorzeitig verkümmern, bei nasser Mai- und Juniwitterung aber sich sehr zahlreich entwickeln und den jungen Trieb zum Absterben bringen. Jüngere Kulturen verkrüppeln so mitunter völlig: vom ca. 30. Jahre an verschwindet die Krankheit von selbst. 2. M. Larici-Tremulae Kleb. mit U. und T. auf der Zitter- und Silberpappel und 3. M. Larici-populina Kleb., mit U. und T. auf Populus nigra, canadensis und balsamifera, bilden ihr Caeoma als kleine, leuchtend orangegelbe Polster auf den Lärchennadeln. Der in ganz Deutschland häufige Lärchennadelrost zerstört oft einen grossen Teil der Benadelung. 4. M. Mercuriali-Tremulae (= M. Rostrupii Wagner), mit U. und T. auf Populus tremula, alba, balsamifera (nigra, canadensis und italica) bildet sein Caeoma auf Mercurialis, 5. M. Chelidonii-Tremulae (= M. Magnusiana Wagner), mit U. und T. auf Populus tremula und alba, bildet Caeoma auf Chelidonium, 6. M. Corydali-Tremulae (= M. Klebahni Bubák), mit U. und T. auf Populus tremula, bildet das Caeoma auf Corydalis solida und cava. 7. M. Allii-populina Kleb., mit U. und T. auf Populus nigra, canadensis und balsamifera (nicht auf tremula, alba und canescens) bildet das Caeoma auf Allium ascalonicum und wahrscheinlich anderen Alliumarten.

Auf Weidenblättern kennt man bis jetzt nicht weniger als 14 Melampsoraarten, die zum Teil, namentlich bei Kulturweiden, sehr schädlich werden können, weil die befallenen Blätter schwarzfleckig werden und vor der Zeit abfallen: 8. M. Larici-Daphnoides Kleb. mit U. u. T. auf Salix daphnoides und acutifolia (= pruinosa), — 9. M. Larici-Epitea Kleb. mit U. u. T. auf Salix viminalis, aurita, cinerea, Caprea, dasyclados, fragilis, (daphnoides und acutifolia) 10. M. Larici-Pentandrae Kleb., mit U. u. T. auf Salix pentandra und 11. M. Larici-Capraearum, mit U. u. T. auf Salix Caprea bilden alle vier ihr Caeoma ebenfalls auf Lärchennadeln. — 12. M. Allii-Salicis albae Kleb. mit U. u. T. auf Salix alba, 13. M. Allii-Fragilis Kleb. mit U. u. T. auf Salix fragilis, pentandra und dem Bastard beider bilden beide ihr Caeoma auf Alliumarten, — 14. M. Galanthi-Fragilis Kleb., mit U. u. T. auf den gleichen Salixarten wie letztere, auf Galanthus nivalis. — 15. M. Ribesii-Viminalis Kleb. auf S. viminalis, 16. M. Ribesii-Auritae Kleb auf S. aurita und 17. M. Ribesii-Purpureae Kleb. auf S. purpurea bilden ihr Caeoma auf Ribesarten. — 18. M. Evonymi-Capraearum Kleb., auf Salix Caprea, cinerea und aurita, bilden das Caeoma auf Evonymus. — 19. M. Orchidi-Repentis Kleb. auf Salix repens und aurita bilden das Caeoma auf Orchisarten. — 20. M. Abieti-Capraearum Tub., auf Salix Caprea bildet das Caeoma Abietis pectinatae Rees auf jungen Nadeln der Weisstanne, wo mehrere hellgelbe Längspolster auf beiden Seiten des Mittelnervs hervorbrechen. — Die autöcische 21. M. Amygdalinae Kleb. dagegen bildet als Eumelampsora sämtliche Sporenformen auf Salix amygdalina und ist bis dato die einzige bekannte Caeomaform auf einer Weide.

Melampsoridium betulinum Kleb. (syn. Melampsora betulina (Pers.) Tul.) ist von Melampsora, mit der sie nur in den Teleutosporenlagern übereinstimmt, durch das Fehlen der kopfigen Paraphysen und den Besitz einer Pseudoperidie um die Uredolager und die Aecidien (hierin der Gattung Cronartium sich nähernd) verschieden. Die kleinen Uredo- und die anfangs orangeroten, später braunen Teleutosporenlager stehen auf den Blättern von Betula alba, die hell rötlich-orangefarbenen Aecidien

auf den Nadeln der Lärche.

Melampsorella Cerastii (Pers.) Schröt., ist von Melampsora durch die in den Epidermiszellen gebildeten Teleutosporen verschieden, die hier ausgedehnte bleiche Lager bilden, und besitzt, ebenso wie Melampsoridium, halbkugelige Pseudoperidien mit halbkugeliger Scheitelöffnung um die pustelförmigen, orangegelben Uredosporenhäufchen, welche oft die ganze Pflanze bedecken. Die Alsineen, insbes. Stellaria media, nemorum, Holostea, Cerastium triviale (und Möhringia trinervia) stellen — wie zuerst E. Fischer nachgewiesen und dann Klebahn und v. Tubeuf bestätigt haben — den lange gesuchten Zwischenwirt des Aecidium elatinum Alb. et Schw., des Erregers des Tannenkrebses und -Hexenbesens dar, zugleich den ersten bekannten Fall des heteröcischen Zusammenlebens zweier perennierender Pilze, da M. Cerastii sich in vielen Gegenden Norddeutschlands, denen die Tanne und somit das Aecidium elatinum fehlt, durch Mycel und Uredo erhält und verbreitet. Die Infektion der Weisstanne (und anderer Tannenarten) erfolgt an jungen Maitrieben; an den infizierten Stellen wird das Cambium zu gesteigerter Tätigkeit angeregt und es entsteht durch lokalisierte, stärkere Holz- und Rindenentwicklung eine Zweiganschwellung, die junge Krebsbeule, in welcher das Mycel perenniert und den Krebs alljährlich vergrössert. Ueberall da, wo an einer Zweiganschwellung eine Knospe angelegt wird, entwickelt sich dieselbe im nächsten Jahre zu einem Trieb mit den für die Hexenbesenzweige charakteristischen Eigentümlichkeiten: allseits abstehende, sommergrüne, dickliche, hellgrüne Nadeln, auf deren Unterseite je nach Standort und Witterung im Juni, Juli oder August die gelben Aecidiumbecher in zwei Reihen hervorbrechen. Die Hexenbesen entwickeln sich zu reichverzweigten Büschen mit aufgerichteten dicken Zweigen. Sie können bedeutende Grösse und ein Alter von über 20 Jahre erreichen. Selten entsteht der Hexenbesen am Gipfeltrieb, nicht selten dagegen an einem der jungen Quirltriebe und wächst dann allmählich bei zunehmender Verdickung des Stammes in denselben ein und das Mycel verbreitet sich dann auch im Stamm und erzeugt hier oft Krebsgeschwülste von ganz gewaltiger Grösse, die nach dem Absterben der Rinde Risse bekommen und so das Eindringen von Holzparasiten (namentlich Polyporus Hartigii, Agaricus adiposus) ermöglichen, wodurch der Stamm an der Krebsstelle weissfaul wird und infolge dessen als Nutzholz entwertet und auch vom Sturme leicht gebrochen wird. — Aecidium elatinum ist der gefährlichste Feind der Weisstanne, der nur durch konsequentes Abschneiden der Hexenbesen namentlich an allen jungen Bäumen erfolgreich zu bekämpfen ist.

Pucciniastrum Epilobii Otth. (= P. pustulatum (Pers.) Diet. (= P. Abieti-Chamaenerii Kleb.) besitzt Uredolager wie Melampsorella, aber die Teleutosporenlager bilden schwarzbraune, grosse Krusten unter der Epidermis der Blattunterseite von Epilobium angustifolium (und E. Dodonaei). Die Teleutosporen werden meist durch 2 sich kreuzende, senkrecht zur Blattfläche stehende Zellwände vierzellig. Die Aecidien, durchweg denen von Aecidium columnare gleichend, bewohnen die Weisstannennadeln.

Calyptospora Göppertiana Kühn, bildet seine Teleutosporen ähnlich wie Pucciniastrum, aber in den Epidermiszellen der Rinde von kleinen Hexenbesen der Preisselbeere. Die schwammig verdickte Rinde der federkieldicken, über die gesunden weit emporragenden Triebe ist anfänglich weiss oder rosa und wird später schwarzbraun. Der Pilz perenniert in der Preisselbeere und ist überall im Weisstannengebiet häufig, findet sich aber auch in Gegenden, denen die Tanne fehlt. Die Aecidien (Aecidium columnare) zeichnen sich durch die sehr lange,

weisse Peridie aus und stehen in 2 Reihen auf der Nadelunterseite der Weisstanne, namentlich in Jungwüchsen. Die orangefarbenen Aecidiosporen sind durch sehr lange, dünne Zwischenzellen von einander getrennt. — Aecidium pseudocolumnare Kühn, ebenfalls auf Tannennadeln, ist von vorigem durch weisse, grössere Aecidiosporen unterschieden; den zugehörigen Zwischenwirt kennt man noch nicht.

Thecopsora Padi Kunze et. Schm. (syn. Pucciniastrum Padi) bildet winzige Uredopusteln vom Melampsorellatypus auf der Blattunterseite von Prunus Padus; die Teleutosporenlager bilden wie bei Calyptospora braunrote, später schwarz-braune Krusten in den Epidermiszellen der Blattoberseite. Das Aecidium (Ae. strobilinum Alb. et. Schwein.) verursacht eine verbreitete Zapfenkrankheit der Fichte, deren Samenanlagen dadurch zerstört werden. Vorzugsweise auf der Innenseite der Zapfenschuppen, die sperrend abstehen, auch bei feuchter Witterung, stehen dicht gedrängt die halbkugeligen dunkelbraunen Aecidien, deren verholzende, dicke Pseudoperidie sich mit einem Querriss deckelartig öffnet, normalerweise erst, wenn die Zapfen den Winter über am Boden gelegen haben.

Nur unvollkommen bekannt ist das nicht autöcische, seltene Peridermium conorum Piceae Thüm. (auch Aecidium c. P. genannt), das auf der Aussenseite der Fichten-Zapfenschuppen zwei unregelmässige, 4—6 mm grosse, flache Aecidien bildet. Die noch unbekannten Uredo- und Teleutosporen gehören wahrscheinlich zu einer Melampsoracee.

§ 123. Die Familie der Coleosporiaceae besitzt 1(—2)schichtige, wachsartige, von der Epidermis bedeckte Teleutosporenlager, deren ungestielte Teleutosporen sich bald in 4 über einander stehende Zellen teilen und aus jeder ein einfaches Sterigma mit grosser (ca. 20 µ) Basidiospore treiben.

Die Gattung Coleosporium, welche den systematischen Anschluss an die Melampsoraceen (speziell an Melampsora), vermittelt, besitzt blasenförmige Aecidien, deren Pseudoperidie sich mit einem unregelmässigen Risse öffnet (Peridermium); die Uredosporen werden in kurzen Ketten (ähnlich wie die Aecidiumsporen) gebildet. Die Teleutosporenlager sind dunkelrot. Hierher gehören die Nadelblasenroste der Kiefern, das alte Peridermium Pini acicola, das heute in eine ganze Reihe von biologischen Arten aufgelöst ist. Das aus den keimenden Basidiosporen hervorgegangene Mycel bildet noch im gleichen oder erst im folgenden Frühjahr Pycniden, wahrscheinlich je nachdem die Infektion der Nadeln frühzeitig erfolgt oder nicht. Die Aecidien (Peridermien), die weder makroskopisch, noch mikroskopisch bei den einzelnen Arten zu unterscheiden sind, erscheinen bei allen im Frühjahr auf den Nadeln der gemeinen und der Bergkiefer, in denen das Mycel bis zum normalen Abwurf der Nadeln perenniert. Derzeit kennt man bei uns 1) Coleosporium Senecionis (Pers.) Lev. auf Senecio silvaticus und vulgaris, dazu gehörig Peridermium oblongisporium Kleb., 2) C. subalpinum Wagner auf Senecio alpinus, dazu P. Kriegerii Wag. besonders auf Pinus montana, 3) C. Tussilaginis (Pers.) Lév. auf Tussilago farfara, dazu P. Plowrightii Kleb., 4) C. Petasitis de Bary auf Petasites officinalis, dazu P. Boudieri E. Fisch., 5) C. Cacaliae D. C. auf Adenostyles albifrons, dazu P. Magnusianum E. Fisch., 6) C. Inulae (Kze.) E. Fisch. auf Inula Vaillantii und Helenium, dazu P. Klebahnii E. Fisch., 7) C. Sonchi arvensis (Pers.) Wint. auf Sonchus arvensis, asper und oleraceus, dazu P. Fischeri Kleb., 8) C. Euphrasiae (Schum) Wint. auf Alectorolophus major und minor und Euphrasia officinalis, dazu P. Stahlii Kleb., 9) C. Melampyri (Rebt.) Kleb. auf Melampyrum pratense, dazu P. Sora-

ueri Kleb., 10) C. Campanulae (Pers.) Lév. auf Campanulaarten umfasst, jedenfalls mehrere Formen, deren gegenseitiges Verhalten noch der näheren Prüfung bedarf, so a) C. Campanulae Trachelii Kleb., dazu P. Rostrupii E. Fisch., b) C. Phyteumatis Wagner auf Phyteuma spicatum, dazu P. Kosmahlii Wag., c) C. Campanulae rapunculoides Kleb., d) C. Campanulae rotundifoliae Kleb. und e) C. Campanulae macranthae Wagner und jedenfalls noch andere. — 11) C. Pulsatillae (Strauss) Lév. auf Pulsatilla, dazu P. Jaapii Kleb. — für einige weitere Coleosporiumarten auf Compositen, für C. Clematidis, C. Cerinthes ist die Zugehörigkeit zu den Nadelblasenrosten der Kiefern noch experimentell zu erweisen.

Ochropsora Sorbi Diet. (als einzige Species der Gattung) erzeugt auf den Blättern der verschiedenen Sorbusarten winzige, zu unregelmässigen Gruppen vereinigte Uredolager mit einzeln auf Stielen stehenden, bräunlichen, feinstacheligen Uredosporen und unregelmässige, bleichgelbe Krusten auf der Blattunterseite bildende Teleutosporenlager. Die blassen Teleutosporen sind einzellig, teilen sich, ehe die Blätter völlig absterben, durch Querwände in 4 Zellen, deren jede auf einem Sterigma eine spindelförmige Basidiospore abschnürt. Der Pilz überwintert jedenfalls als Mycel auf einem noch unbekannten, vermutlich zu den Coniferen gehörigen Aecidiumwirt.

§ 124. Zur Fam. der Cronartiaceae mit reihenweise abgeschnürten, ungestielten Teleutosporen, die gleich nach der Reife mit typischem Promycel und kleinen, kugeligen Basidiosporen keimen, gehört bei uns Cronartium, dessen einzellige Teleutosporen in Längs- und Querrichtung zu langen, säulenförmigen, braunen Körpern oder Ranken vereinigt sind, die frei über die Blattfläche hervortreten, und deren Uredosporen auf kurzen Stielchen in eine Pseudoperidie eingeschlossen sind (wie bei Melampsorella). Hierher gehören die Rindenblasenroste der Kiefern (das alte Peridermium Pini corticola), deren Mycel in Holz und Rinde der Kiefern perenniert und alljährlich im Frühjahr dichtgedrängte, unregelmässig aufreissende, mit rotem Sporenpulver gefüllte, grosse, blasenförmige Aecidien bildet. Jüngere Pflanzen werden rasch getötet, an älteren hört an den vom Mycel ergriffenen Stellen der Zuwachs auf, das Holz verkient, während die Umgebung gesteigerten Zuwachs zeigt, so dass an älteren Aesten und Stämmen, an denen sich die Krankheit alljährlich, namentlich in der Längsrichtung ausbreitet, auffällige Rinnen und oft gedrehte Längswulste von ganz unregelmässiger und abnormer Querschnittsfigur entstehen, bis endlich nach oft Jahrzehnte langem Kampf die über der erkrankten Stelle gelegenen Stamm- oder Astteile infolge ungenügender Wasserzufuhr vertrocknen. Diese Zopftrocknis, Kienzopf, Krebs, Räude oder Brand genannte Krankheit, die an älteren Bäumen selten ältere als 25jährige Stammteile oder Aeste infiziert, verursacht in reinen Kieferwaldungen oft sehr bedeutenden Schaden. Für die weitaus häufigste Form, das Peridermium Pini (Willd.) Kleb., ist trotz zahlreicher Infektionsversuche der Uredo- und Teleutosporenzwischenwirt noch nicht gefunden; ebenso wenig ist der Pilz autöcisch. Geglückt sind Infektionen mit dem kaum davon unterscheidbaren, anscheinend nicht sehr häufig auftretenden P. Cornui Rostr. und Kleb., das als Cronartium asclepiadeum (Willd.) auf braunen Flecken der Blätter von Cynanchum vincetoxicum seine gelben Uredo- und später seine braunen Teleutosporen bildet; hiermit identisch sind das frühere C. flaccidum Alb. et. Schw. auf Paeonia officinalis und tenuifolia und wahrscheinlich auch 2. C. Nemesiae Vesterg. auf der aus Südafrika stammenden (!) Nemesia versicolor. — 3. Cr. ribicolum Diet. auf den verschiedenen Ribesarten steht in heteröcischem Zusammenhang mit Peridermium

Strobi, dem gefährlichen Rindenblasenrost der Weymouthskiefer. — Von 4. Cr. Balsaminae Nissl. und 5. Cr. gentianeum Thüm. auf Gentiana asclepiadea sind die Aecidien unbekannt.

Chrysomyxa hat polsterförmige, sammetartige, rote Teleutosporenlager; die nicht immer vorhandenen Uredosporen stehen ebenfalls in Reihen (wie bei Coleosporium). — 1. Chr. Rododendri (D.C.) de Bary, der Alpenrosenrost, entwickelt seine schon im Herbste angelegten Teleutosporen im Frühjahr gleich nach der Schneeschmelze auf vorjährigen Blättern der Alpenrosen. Die Basidiosporen infizieren die jungen Fichtennadeln, auf welchen zuerst kleine, gelbe Pycniden und gewöhnlich im August auf gelben Flecken die Aecidien (mit langer weisser, an der Spitze aufreissender Peridie) meist massenhaft hervorbrechen. Die erkrankten Nadeln fallen bald ab. In den Alpenländern tritt die Krankheit oft sehr heftig auf. — Im nördlichen Deutschland ruft 2. Chr. Ledi (Alb. et Schw.) de Bary, auf Ledum palustre, die gleiche Erkrankung der Fichtennadeln hervor. — 3. Chr. Abietis (Wallr.) Unger, der ebenfalls die Fichtennadeln befällt und in ganz Deutschland verbreitet ist, ist autöcisch; er bildet nur Teleutosporen in orangerotgelben Längspolstern, die im Mai reifen und alsbald die jungen Nadeln infizieren. Schon Ende Juni zeigen die jungen Nadeln streifenweise Gelbfärbung; die im Herbst schon angelegten Teleutosporenlager überwintern. Nach dem Verstäuben der Sporen fallen die Nadeln ab, doch ist der Nadelverlust selten so gross, wie bei Chr. Rhododendri.

§ 125. Die Familie der Pucciniaceae, mit gestielten, mit typischem Promycel keimenden Teleutosporen, enthält eine grosse Anzahl fast ausschliesslich auf krautigen Pflanzen teils autöcisch, teils heteröcisch lebender Arten.

Die Gattung Puccinia hat 2 übereinander stehende, (sog. 2zellige) dunkle Teleutosporen. 1. P. graminis Pers., der Getreiderost, bildet seine Aecidien auf verdickten Blattstellen von Berberis, 2. P. coronata Corda und 3. P. coronifera Kleb., beide Haferrost erzeugend, bilden ihre Aecidien auf Rhamnus, erstere auf den Blättern von Rh. Frangula, letztere auf oft deformierten Blättern und jungen Trieben von Rh. cathartica. — Autöcisch ist 4. P. Buxi, auf dem Buchsbaum, die nur Teleutosporen besitzt, welche im Frühjahr reifen und sofort keimen und infizieren. — Unvollständig bekannt ist 5. Puccinia Pruni spinosae Pers., das auf den Blättern verschiedener Prunusarten nur hellgelbbraune Uredo- und dunkelbraune Teleutosporen bildet.

Gymnosporangium bildet (auf Nadeln und) hypertrophierten Zweigstellen der Juniperusarten, in denen das Mycel perenniert, nur sog. 2zellige Teleutosporen mit hell- oder dunkelbrauner Membran. Die langgestielten Teleutosporen — Uredo fehlt — brechen bündelweise als kleine Zäpfchen im Frühjahr in grosser Zahl hervor und bilden, indem die Gallertstiele der Sporen bei Regenwetter stark aufquellen, keulen- oder zungenartige, grosse Gallertpolster. Nach der Keimung der Teleutosporen und der Bildung der Basidiosporen verquellen und zerfliessen die Zungen. Die Pycniden und die mit stark entwickelter, sehr derbwandiger, gitter- oder pinselartig sich öffnender Pseudoperidie (Röstelia) versehenen Aecidien reifen auf den Blättern der Pomaceen im Sommer bezw. Herbst, auf denen sie oft beträchtliche Verdickungen hervorrufen. In Europa sind 5 Arten heimisch:

1. G. juniperinum (L.) Wint., bildet seine Teleutosporen auf den Nadeln und an den allseitig spindelförmig anschwellenden Zweigen von Juniperus communis nur in kleinen Polstern, mit kräftigen, oft fingerförmig verlängerten Papillen über

jedem Keimporus der dickwandigen, 31—52 μ langen, 21—30 μ breiten Sporen. Aecidium mit langzylindrischer, oft etwas gekrümmter Pseudoperidie (Röstelia cornuta (Gmel.) Fr.) auf lebhaft gelben Flecken von Sorbus Aucuparia (und Amelanchier rotundifolia). — 2. G. tremelloides A.Br. (bisher meist mit vorstehendem verwechselt) bildet an einseitigen Zweiganschwellungen von Juniperus communis bis mehrere cm grosse, anfangs derbe und braune Sporenpolster, die später zu grossen Klumpen und Lappen von gelbbrauner Farbe verquellen. Die Membran der 40—66 μ langen und 22—31 μ breiten Sporen ist nirgends besonders verdickt. Aecidien mit am Rande pinselartig zerfaserter Pseudoperidie (Röstelia penicillata (Müll.) Fr.) auf Sorbus Aria, Chamaemespilus, Hostii und zuweilen massenhaft auf Apfelbäumen. — 3. G. clavariaeforme (Jacq.) Rees, bildet ebenfalls an einseitigen Zweiganschwellungen von J. communis gelbe, zäpfchenförmige Teleutosporenlager, die zu lang zungenförmigen Bändern verquellen. Teleutosporen 70—120 μ lang, 14—20 μ breit. Aecidien mit grosser, sackartiger, pinselartig tief zerschlitzter Pseudoperidie (Röstelia lacerata (Sow.) Mer.) besonders auf Crataegusarten und Cydonia. — 4. G. Sabinae (Dicks.) Wint., bildet auf Zweigen von auf Juniperus Sabina, virginiana, Oxycedrus und phönicea gallertige, rotbraune, später hellere, zungenförmig zusammengedrückte Teleutosporenpolster mit 36—50 μ langen, 22—26 μ breiten, glatten Sporen. Die Aecidien mit gitterartig sich öffnender, oben geschlossen bleibender, kegelförmiger Pseudoperidie (Röstelia cancellata (Jacq.) Rebent.) auf den Blättern der Birnbäume. — 5. G. confusum Plowr., von voriger Art wenig verschieden und sogar mit ihr gemeinsam auf J. Sabina vorkommend, bildet seine Aecidien (Röstelia Mespili (D.C.), die sich stets an der zerschlitzenden Spitze öffnen, auf Cydonia, Crataegus, Mespilus germanica, weniger regelmässig auch auf Pirus communis.

§ 126. b) Die Hymenomycetes gehören zur höheren Stufe der Basidiomyceten, den Autobasidiomycetes, mit ungeteilten Basidien, welche an ihrem Scheitel in der Regel je 4 Sterigmen tragen, die je eine Basidiospore abgliedern. Mit Ausnahme von Exobasidium, von welchem E. Vaccinii Wor auf den Blättern der Preiselbeere rote oder weisse Anschwellungen, E. Rhododendri Cram. auf denen der Alpenrosen die „Alpenrosenäpfeli" erzeugt, bekleiden die ausgedehnten Hymenien bestimmte, offen liegende Stellen charakteristisch gestalteter, meist stattlicher Fruchtkörper. Conidien und Chlamydosporen kommen nur in rel. wenigen Fällen vor. Die hier erwähnten Pilze sind fast alle holzbewohnende Wundparasiten. An totem Holze, dasselbe zersetzend, kommt ausserdem noch eine grosse Zahl weiterer Arten vor. — Hervorragende Bedeutung als forstliche Schädlinge besitzen nur Trametes Pini, Trametes radiciperda (= Polyporus annosus) und Agaricus melleus.

Bei den Gattungen Trametes und Polyporus inkl. Fomes ist die Substanz der meist konsolenförmigen, ungestielten, seitlich angewachsenen Fruchtkörper mit dem aus verwachsenen, engen Röhren bestehenden Hymenium fest verbunden.

Trametes Pini fr., der Kiefernbaumschwamm, ruft die namentlich in Kiefernbeständen Norddeutschlands ungemein verbreitete, in Süd- und Mitteldeutschland mehr an Fichten auftretende, im Riesengebirge auch an Lärchen und Tannen vorkommende Ring- oder Kernschäle hervor. Er greift als Wundparasit fast nur ältere Bäume (mit Kernholz) an, von tieferen Astwunden, welche sich nicht durch Harzaustritt schützen können, ausgehend. Das Mycel verbreitet sich vorzugsweise in

der Längsrichtung im Stamm nach oben und unten, seitlich besonders im Frühholz der gleichen Jahresringe, das Holz so in peripheren Zonen als „Ringschäle“ stärker zersetzend. Das erkrankte Holz wird zuerst rotbraun, dann entstehen durch stellenweise Lösung der verholzenden Substanzen aus Zellulose bestehende weisse Flecken. Bei Fichte und Tanne dringt die Zersetzung bis zur Rinde vor, bei Kiefer und Lärche wird sie an der Splintholzgrenze durch eine feste verharzende Schicht gehemmt. — Die korkig-holzigen, 8—16 cm breiten, oben konzentrisch gefurchten braunen Fruchtkörper von Krusten- oder Konsolenform können bis 50 Jahre alt werden; sie kommen bei Kiefer und Lärche nur an Aststellen, bei Fichte und Tanne auch aus der Rinde hervor.

Die Gattungen Fomes und Polyporus unterscheiden sich dadurch von Trametes, dass die Substanz zwischen den Röhren von der des Hutes verschieden und nicht wie bei T. derselben gleich ist. Fomes besitzt von Anfang an holzige, derbe Fruchtkörper mit im Alter geschichteten Röhren, während Polyporus anfangs zähfleischige, erst später erhärtende, seltener käsig-flockige, zerbrechliche Fruchtkörper besitzt und die Röhren hier nie geschichtet sind.

1. Fomes (Polyporus) annosus Fries (= Trametes radiciperda Hartig, Heterobasidion annosum Bref.), der Wurzelschwamm, ist unter Umständen ein gefährlicher Parasit der Nadelholzbestände, der die gefürchtetste Art der Rotfäule und Lücken in den Nadelholzwaldungen veranlasst, die sich zentrifugal vergrössern. Er befällt besonders Pinus silvestris und Strobus, dann Fichte und Weisstanne in allen Altersstufen und wurde auch an anderen Nadelhölzern und an verschiedenen Laubhölzern gefunden. Die Erkrankung beginnt gewöhnlich an den Wurzeln und steigt von da im Stamm schnell und weit empor, ausser bei der gemeinen Kiefer, bei welcher infolge rascher Verharzung die Fäulnis nicht über Stockhöhe emporsteigt. Das Mycel durchwächst, die lebenden Zellen tötend, das Holz der befallenen Wurzel rasch, die Rinde langsamer, und bildet zwischen den Borkeschuppen derselben äusserst zarte, kaum seidenpapierdünne, weisse Mycelhäute mit kleinen Anschwellungen, da wo sie zwischen den Rindenschuppen hervorwachsen. Wo eine kranke Wurzel im Boden eine gesunde eines Nachbarbaumes berührt, kann das Mycel in diese hineinwachsen und sie infizieren. Die Wurzeln werden so nach und nach getötet und damit endlich auch der Baum. Das erkrankte Holz wird nach dem Absterben der Zellen zuerst violett, später hell bräunlichgelb, wobei einzelne schwarze Flecken zurückbleiben, die sich später mit weissen Zonen umgeben. Dabei wird das Holz immer leichter und schwammiger, bekommt zahlreiche Löcher und zerfasert schliesslich. Die Fruchtkörper brechen an den Wurzeln oder am Wurzelstock zwischen den Rindenschuppen hervor als sehr kleine in der Jugend seidenglänzende, oben gelbliche, später chocoladebraune, unten schneeweisse, holzige, ziemlich dünne, schalenförmige Polster, die mit ähnlichen Nachbarpolstern verschmelzen und zu ausnahmsweise 30—40 cm grossen Krusten heranwachsen können. Ausserdem bildet das Mycel an der Luft, wie Brefeld [52]) zuerst bei künstlicher Kultur gezeigt hat, als Schimmelpilz massenhaft Conidien.

2. Fomes (Polyporus) connatus Fries, mit reihenweise dachziegelig über einander stehenden und verwachsenden, ausgebreitet-umgebogenen, korkig-holzigen, zottigen, weissen oder grauen Fruchtkörpern, lebt nach Hartig parasitär an Ahornbäumen.

3. F. (Polyp.) pinicola Fr., mit dicken, anfänglich polster-, dann hufförmi-

52) Brefeld, Unters. a. d. Gesamtgebiet d. Mykologie (12 Hefte gr. 4⁰ mit zahlr. Tafeln 1872—1895, eine Fülle von wertvollen Beobachtungen enthaltend). Bd. 8. p. 181 ff.

gen, korkig-holzigen, ungleichen Fruchtkörpern, die anfangs gelblich, dann schwärzlich mit zinnoberrotem Rande, innen aber weisslich sind, lebt, wahrscheinlich parasitär, an Kiefern, Fichten, Tannen, Birken und Kirschbäumen.

4. F. (Polyp.) marginatus Fr., mit ähnlichen, aber meist noch grösseren (bis 35 cm) flachen, kahl oder grau bereiften, konzentrisch gefurchten Fruchtkörpern, die am Rande verschiedenfarbig gezont, innen lederfarbig sind, bewohnt hauptsächlich die Rotbuche, mitunter auch Eiche und Birke.

5. F. (Polyp.) salicinus Fr., mit zum grössten Teil umgewendeten, sehr harten, kahlen, zimmetbraunen, später grauen Fruchtkörpern, ist nach Tursky ein gefährlicher Feind der Weiden.

6. F. (Polyp.) fomentarius (L.) Fr., der echte Feuer- oder Zunderschwamm, mit oft sehr grossen (über 1 m) und alten, hufeisenförmig-polsterartigen, im Umfang halbkreisförmigen, oben konzentrisch gefurchten, kahlen, russig-braungrauen Fruchtkörpern mit sehr harter Rinde und schwammigem, den Zunder liefernden innerem Gewebe, lebt auch parasitisch an Rotbuchen, seltener an Ulmen und Eichen, im Holze eine durch breite, lederartige, in radialen Spalten verlaufende Mycellappen charakterisierte Weissfäule erzeugend.

7. F. (Polyp.) igniarius L. Fr., der falsche Feuerschwamm, ist der gemeinste Wundparasit der meisten Laubhölzer, namentlich der Weiden und Eichen, wo er, das Holz anfänglich tief braun, dann gelblichweiss verfärbend, eine Weissfäule hervorruft. Die durch und durch harten, kugelig knolligen, später hut- oder konsolenförmigen, 6—20 (30) cm breiten Fruchtkörper sind anfangs gelbbraun filzig, später schwarzbraun kahl, konzentrisch gefurcht, an den Röhrenmündungen zimmetbraun.

8. F. (Polyp.) fulvus (Scop.) Fr., mit beiderseits konvexen, knolligen, anfangs behaarten, dann glatten, gelbbraunen, später grau und rissig werdenden, bis 20 cm grossen Fruchtkörpern mit zimmtbraunen Röhren, ist ein Weissfäule erzeugender, nicht seltener Wundparasit der Weissbuchen, Zitterpappeln und namentlich der Zwetschgenbäume.

9. Polyporus Hartigii Allesch. (von Hartig früher als P. fulvus Scop. bezeichnet), hat ungeschichtete Röhren, ist also ein P. im engeren Sinn. Die oberseits rotbraunen oder aschgrauen, an den Röhrenmündungen gelbbraunen Fruchtkörper besitzen Konsolenform am Stamm und Wulstform an den Aesten. Der Pilz ist ein Wundparasit der Fichte und Tanne, der mit Vorliebe alte, aufgerissene Krebsstellen der Weisstanne befällt und in deren Nähe seine Fruchtkörper bildet.

10. P. dryadeus Fr. (syn. P. pseudoigniarius Bull.), bildet an der Basis der Eichenstämme bis 1/2 m breite, zuerst fleischige, dann korkige, an der Oberfläche mit grubigen Vertiefungen versehene, rostfarbige, braun werdende, einjährige Fruchtkörper von geringer Dauer. — Das dunkle Kernholz zeigt gelbliche und weisse (Zersetzungs-)Längsstreifen.

11. P. betulinus (Bull.) Fr., mit bis 15 cm breiten, meist hufeisenförmigen, fleischigen, weissen, später korkartigen Fruchtkörpern mit dünner, abtrennbarer, bräunlicher Haut und kurzen Röhren, ist ein verbreiteter, Rotfäule erzeugender Wundparasit der Birken.

12. P. hispidus (Bull.) Fr., mit einjährigen, weichschwammigen, halbierten, polsterförmigen, oben rostbraunen, innen gleichfarbigen, unten gelblichen, bis 25 cm breiten Fruchtkörpern, ist ein Wundparasit von Eschen, Ulmen, Platanen, und namentlich von Maulbeer- und Apfelbäumen.

13. P. borealis Fr. mit einjährigen, fleischigen, wasserreichen, polster- oder konsolenförmigen, meist zu mehreren dachziegelig verwachsenen, bis 7 cm breiten und 5 cm dicken weissen Fruchtkörpern von unangenehmem Geruch, ist ein verbreiteter Wundparasit der Fichte, wo er eine eigenartige Weissfäule erzeugt, indem 1—2 mm über einander stehende, mit Mycel erfüllte, quere Lücken im Frühholz entstehen und das ganze Holz schliesslich in würfel- oder backsteinähnliche Stücke zerfällt.

14. P. sulphureus (Bull.) mit einjährigen, weichfleischigen (käseartigen), lebhaft schwefelgelb (oben auch rötlichgelb) gefärbten, sehr verschieden gestalteten Fruchtkörpern, von denen oft viele zu grösseren (bis ca. 70 cm) Massen verwachsen sind, ist ein häufiger, Rotfäule verursachender Wundparasit von Laub- und Nadelhölzern.

15. P. squamosus (Huds.) Fr. mit einjährigen, seitlich oder exzentrisch gestielten, anfangs zähfleischigen, später verhärtenden, halbkreis- oder nierenförmigen, oberseits gelblichen, braunschuppigen, oft dachziegelig verwachsenen Fruchtkörpern ist ein häufiger, die verschiedensten Laubhölzer befallender, Weissfäule verursachender Wundparasit.

16. P. sistotrematis Alb. et Schw. (= mollis R. Hartig, = Schweinitzii Fr.), mit einjährigen, meist trichterförmigen, kurz- und dickgestielten, oft verwachsenen, bis ca. 30 cm grossen, braungelben, weichschwammigen (im Alter dunkelbraunen und korkigen) Fruchtkörpern, deren weite, anfangs schwefelgelbgrüne, später braune Röhrenmündungen sich beim Berühren tiefrot verfärben, ist ein Wundparasit der gemeinen und der Weymouthskiefer. Im erkrankten, eigenartig nach Terpentin riechenden Holz wird im Gegensatz zu den vorstehenden Arten gerade die Zellulose zersetzt, so dass das Holz schliesslich mürbe und zerreiblich wird.

17. Poria (Polyporus) vaporaria Pers. Lohbeet-Löcherpilz, bildet keine Konsolen, sondern umgewendete (mit dem Hymenium nach oben gerichtete), krustenförmig flach ausgebreitete und mit dem Substrat fest verwachsene, nur ca. ½ cm dicke, völlig weisse Fruchtkörper auf der Rinde lebender Fichten und Tannen, deren Holz er, ganz ähnlich wie vorstehende Art, rotfaul macht. — Besonders schädlich wirkt der Pilz auch an totem Holz, das er rasch zersetzt, ähnlich wie der sehr selten auch im Walde an lebenden Bäumen gefundene echte Hausschwamm, Merulius lacrymans, dessen Mycel bald grau wird, während dasjenige von P. vap. stets weiss bleibt.

18. Poria (Polyporus) laevigata (Fr.) bildet ebenfalls umgewendete, ausgebreitete, lederartig rauhe, dünne, braune, erwachsen sich ablösende Krusten mit hellbraun-filzigem Rand in der Jugend. Wie Mayr[53]) (auch für P. betulinus) experimentell nachgewiesen hat, ist der Pilz ein Rotfäule verursachender Wundparasit der Birke.

§ 127. Hydnum diversidens Fr. aus der Familie der Hydnaceae oder Stachelschwämme mit fleischigen, bis 5 cm breiten und 3 cm dicken, gelbweissen, verschieden gestalteten, gerandet konsolenförmigen oder krustenförmigen Fruchtkörpern, die oberseits mit dichten, 1—1½ cm langen, ver-

53) Bot. Centralbl. Bd. 20. 1884. p. 53 ff.; der Pilz fehlt sowohl in der Rabenhorst-Winter'schen Kryptogamenflora wie bei Hennings in den Nat. Pflanzenfam.

schieden gestalteten, vom Hymenium überzogenen Stacheln dicht besetzt sind, ist ein Weissfäule erzeugender Wundparasit der Eiche und Rotbuche.

1. Stereum frustulosum Fr. (syn. Thelephora Perdix R. Hartig) aus der Familie der Thelephoraceae (mit, wie bei den folgenden Arten, unterseitigem und glattem Hymenium), hat kleine, bis fingernagelgrosse, undeutlich gerandete, halbiert-hutförmige, holzige Fruchtkörper mit gewölbtem, anfangs bereiftem, zimmetfarbenem Hymenium. Dieselben stehen meist dicht gedrängt, fast zusammenfliessend und bilden oft felderig-rissige, tellerartige, braunschwarze Krusten. Der Pilz ruft eine sehr charakteristische Zersetzung des Eichenholzes, das sog. Rebhuhnholz hervor, indem in dem erkrankten dunkelbraunen Holz zahlreiche, kleine, weisse, kugelförmige Partien auftreten, die später zu Hohlkugeln werden.

2. St. hirsutum Fr. mit hirschbraunen, rauh behaarten, anfangs krusten-, dann meist becherförmigen, lederartigen Fruchtkörpern mit scharfem, gelblichem Rand und meist orangerotem, gezontem Hymenium, lebt auch als Wundparasit auf verschiedenen Laubhölzern und verursacht die häufige und charakteristische Zersetzung des Eichenholzes, die unter dem Namen weiss- oder gelbpfeifiges Eichenholz (auch Fliegenholz) bekannt ist. Die von den Aesten ausgehende Erkrankung verbreitet sich im Stamm in peripheren, weissen Zonen, die im Querschnitt als weisse Punktreihen (Fliegenholz), im Längsschnitt als weisse Streifen erscheinen.

§ 128. 1. Agaricus melleus Vahl (syn. Armillaria mellea [Vahl] Quél.), der Hallimasch oder Honigpilz aus der Familie der Agaricaceae (deren Hymenium meist strahlig-radial verlaufende Lamellen überzieht), ist ein im Spätsommer oder Herbste gewöhnlich in dichten Rasen an toten Baumstümpfen (nam. Rotbuche) oder in deren Nähe auftretender Hutpilz mit 4—16 cm breitem, honiggelbem oder gelbbraunem, zähfleischigem, dünnem Hut, der oberseits haarig-zottige, braune Schuppen, unterseits entfernte, anfangs weissliche, später fleischfarbene oder bräunlich gefleckte, mehr oder weniger herablaufende Lamellen trägt. Der blass fleischfarbige, schwammig-volle Stiel trägt einen gelbweissen, häutigen Ring. — Aus den massenhaft gebildeten weissen Sporen entwickelt sich ein saprophytisch lebendes zartes Mycel und aus demselben die wurzelähnlich einzeln im Erdboden und sehr reichlich zwischen totem Holz und Rinde verlaufenden braunschwarzen Rhizomorphenstränge, die mit Spitzenwachstum begabt sind und den Pilz im Erdboden verbreiten. Sie können in die Wurzeln der verschiedensten gesunden Nadelhölzer eindringen, aber jedenfalls nur unter noch sehr der näheren Erforschung bedürftigen Voraussetzungen, da der Pilz im Walde einer der allergemeinsten Saprophyten an alten Stöcken und Wurzeln ist. Nach Hartig scheint er auch Laubhölzer, namentlich Ahorn, unter gewissen Voraussetzungen als Wundparasit infizieren und Eichenstöcke im Niederwaldbetrieb töten zu können, ehe sie neue Ausschläge gebildet haben. Von der Spitze der in eine Nadelholzwurzel eingedrungenen Rhizomorphe entspringen zahlreiche Mycelfäden, die rasch im Holze, namentlich in den Harzkanälen aufwärts wachsen und das angrenzende Holzparenchym töten. Unter der Rinde lebender Wurzeln und Bäume wächst das Mycel langsamer und bildet hier derbe weisse Häute (Pol. annosus sehr dünne!). Am Wurzelstock der erkrankten Bäume findet starker Harzfluss statt („Harzsticken, Harzüberfülle"). Später verbreitet sich das Mycel auch in den leitenden Gewebeelementen und ruft eine Art Weissfäule hervor. Wenn das Mycel von der infizierten Stelle aus den Stamm

erreicht und von da aus, wie Polyp. annosus, die anderen gesunden Wurzeln ergriffen hat, verdorren die Bäume rasch und die Holzzersetzung hört auf, ehe das Mycel das Kernholz erreicht hat. — Von A. melleus zersetztes Holz leuchtet (phosphoresziert) im Dunkeln, so lange das Mycel am Leben ist.

2. A. adiposus Fr., mit goldgelben, 6--8 cm (und mehr) breiten Hüten, die von verschwindenden, sperrigen, dunklen Schuppen konzentrisch bedeckt sind, dringt, wie Pol. Hartigii, als Wundparasit besonders in die Krebsstellen der Weisstanne ein. Er zersetzt das Holz rasch, das gelb oder honiggelb wird und in Jahresschichten zerblättert, aber auch in horizontaler und radialer Richtung von Mycelbändern durchsetzt wird.

IV.

Waldbau.

Von

Tuisko Lorey[1]).

Literatur: a) Das ganze Gebiet behandelnde Werke: Hartig, G. L., Anweisung zur Holzzucht für Förster, 1. Aufl. 1791, 4. Aufl. 1817. — Cotta, H., Anweisung zum Waldbau, 1. Aufl. 1816, 9. Aufl. (ed. H. v. Cotta) 1865. — Pfeil, Die deutsche Holzzucht, 1860. — Gwinner, H. W., Der Waldbau, 1. Aufl. 1834, 4. Aufl. (ed. Dengler) 1858. — Stumpf, C., Anleitung zum Waldbau, 1. Aufl. 1850, 3. Aufl. 1863. — Heyer, C., Der Waldbau, 1. Aufl. 1854, 4. Aufl. (ed. R. Hess) 1893. — Burckhardt, H., Säen und Pflanzen, 1. Aufl. 1855, 6. Aufl. (ed. A. Burckhardt) 1893. — Gayer, K., Der Waldbau, 1. Aufl. 1878 u. 1880, 4. Aufl. 1898. — Perona, Selvicoltura, 1880. — Fischbach, Praktische Forstwirtschaft 1880. — Wagener, G., Der Waldbau und seine Fortbildung, 1884. — Ney, C., Die Lehre vom Waldbau, 1885. — Borggreve, B., Die Holzzucht, 1. Aufl. 1884, 2. Aufl. 1891. — Weise, W., Leitfaden für den Waldbau, 1. Aufl. 1888, 2. Aufl. 1894. — b) Spezialschriften, u. a.: Heyer, G., Verhalten der Waldbäume gegen Licht und Schatten, 1852. — Hess, R., Eigenschaften und Verhalten der Holzarten, 1. Aufl. 1883, 2. Aufl. 1895. — Beil, A., Forstwirtschaftl. Kulturwerkzeuge, 1846. — Jäger, J. P. E. L., Das Forstkulturwesen, 1. Aufl. 1850, 2. Aufl. 1865. — v. Buttlar, R., Forstkultur-Verfahren, 1853. — v. Manteuffel, H. E., Hügelpflanzung der Laub- und Nadelhölzer, 1. Aufl. 1855, 3. Aufl. 1865. — v. Alemann, F. A., Ueber Forstkulturwesen, 1. Aufl. 1851, 3. Aufl. 1884. — Urff, Ueber Forstkulturen, 1885. — Fürst, H., Die Pflanzenzucht im Walde, 1882, 3. Aufl. 1897. — Homburg, Die Nutzholzwirtschaft im geregelten Hochwald-Ueberhaltbetrieb, 1878. — Brünings, Der Anbau der Hochmoore, 1881. — Fürst, H., Plänterwald oder schlagweiser Hochwald, 1895. — Gayer, C., Der gemischte Wald, 1886. — Krahe, Rationelle Korbweidenkultur, 4. Aufl. 1885. — Brecher, Aus dem Auen-Mittelwalde 1886. — Krafft, G., Beiträge zur Lehre an den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben, 1884. — Derselbe, Beiträge zur Durchforstungs- und Lichtungsfrage, 1889. — Kautsch, Beiträge zur Frage der Weisstannenwirtschaft, 1895. — Hamm, T., Der Ausschlagwald, 1896. — Boden, Die Lärche, 1899. — Gerhardt, P., Handbuch des deutschen Dünenbaus, 1900. — Schwappach, A., Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten, 1901. — Booth, J., Die ausländischen Holzarten, 1902.

---

1) Von dem leider so plötzlich verstorbenen Herrn Verfasser rührt die Neubearbeitung der 2. Auflage seines Waldbaues bis fast zum Schluss des zweiten Abschnittes her. Nach seinem Tode übernahm der Herausgeber selbst die Durchsicht des letzten Absatzes dieses, sowie weiter des ganzen dritten und vierten Abschnittes (die Begründung gemischter Bestände, die Bestandeserziehung und die Betriebsarten). Massgebend für ihn war lediglich die Absicht, die Herausgabe möglichst zu fördern und nicht durch die Suche nach einem geeigneten Spezialisten auf dem Gebiet des Waldbaues erst noch Zeit zu verlieren. H. Stoetzer.

Einleitung: Begriff, Zwecke und Ziele, Hilfsfächer, Einteilung.

§ 1. Begriff, Zwecke und Ziele. Der Waldbau oder die Bestandeszucht befasst sich mit der Begründung und Erziehung der Bestände. Alle waldbaulichen Massnahmen bezwecken die Schaffung von solchen Holzbeständen, welche dem Wirtschaftszweck möglichst vollkommen entsprechen. Diesen bezeichnet der Waldbesitzer, sein Wille ist massgebend; in der Regel wird tunlichst hoher Wert der Holzbestände angestrebt, gegeben in der Ertragsleistung. Der Wert und damit das Ziel der Wirtschaft kann dabei in verschiedener Weise bestimmt werden, nämlich entweder als absolut höchstmöglicher Ernteertrag auf gegebener Waldbodenfläche oder als relativ, d. h. im Vergleich zu dem Aufwand, höchst mögliche Produktionsleistung. Welcher Gesichtspunkt massgebend sein soll, ist von Fall zu Fall zu bestimmen. Im allgemeinen ist die höchste Rentabilität das Ziel jeder rationellen Wirtschaft; jene zu bemessen, ist Sache der forstlichen Statik. Da der Ertrag und somit jede Entscheidung, welche die Statik treffen kann, in erster Linie vom Preise der Produkte abhängt, so darf im Wirtschaftswalde unter allen Umständen nur marktfähige Ware erzogen werden.

Von anderen als wirtschaftlichen Werten wird hier abgesehen, weil die Fälle, in welchen solche, wie z. B. Gewährung ästhetischer Genüsse (Parkanlagen etc.), erstrebt werden, von denen waldbauliche Massnahmen abhängen, doch nur als Ausnahmen zu betrachten sind. Von besonderen waldbaulichen Vorkehrungen aus Rücksichten des Schutzes (Klima, Boden etc.) wird gelegentlich die Rede sein. — Die Definierung des Waldbaus als „Forstproduktenzucht“ (C. Heyer) oder „Holzzucht“ (G. L. Hartig, Pfeil, Borggreve) ist hier ersetzt durch „Bestandeszucht“. Einerseits schien es nicht angezeigt, die Aufgabe des Waldbaus auf die Anzucht sämtlicher Nebennutzungen, insbesondere derjenigen auszudehnen, welche, wie Wild, Torf, Wiesengras, landwirtschaftliche Gewächse u. s. w., nicht Teile des Bestandes sind, während andererseits die Beschränkung auf das Holz eine zu enge Umgrenzung darstellt, da solche Nebennutzungen, welche, wie Lohrinde, Futterlaub, Mast, event. Gras auf Mähplatten u. s. w., an die betreffenden Bestände gebunden sind, dann im Waldbau eine Stelle finden sollten, wenn sie irgendwelche besondere, die Bestandesbegründung oder -erziehung beeinflussende wirtschaftliche Vorkehrungen veranlassen.

In der Waldbaulehre sind alle Operationen vorzutragen, welche, je nach Lage der konkreten Umstände, zum Ziel führen können; dabei sind die allgemeinen Gründe, welche für oder gegen die einzelnen Möglichkeiten sprechen, zu entwickeln. Der waldbaulichen Praxis bleibt es dann überlassen, unter den jeweils gegebenen besonderen Verhältnissen zur Erreichung des erstrebten Zieles unter den möglichen Wegen denjenigen auszuwählen, welcher in bezug auf die Faktoren: Raschheit und Sicherheit des Erfolgs und Kostenaufwand die günstigste Kombination darbietet. Die Modifikationen der dem Waldbau gestellten Aufgaben und der zu ihrer Lösung verfügbaren Mittel sind äusserst mannigfaltig. Dieser Vielgestaltigkeit der Fälle gegenüber gibt es keine unbedingt besten waldbaulichen Massregeln, sondern jede der letzteren kann unter bestimmt umgrenzten Voraussetzungen ihre Berechtigung haben. Was am einen Orte bewährt ist, kann unter veränderten Bedingungen an einem andern Orte weniger gut, ja schlecht sein und darum durch eine abweichende Behandlung ersetzt werden müssen. Die fast unbeschränkte Vielheit der Verschiebungen, welche sich in dem Zusammenwirken der bei der Beurteilung der Fälle hauptsächlich entscheidenden Elemente, wie Standort, Holzart, Absatzverhältnisse u. s. w. ergeben, schliesst die einseitige Bevorzugung einer bestimmten Richtung von vornherein aus. Man kann die Zahl der als wirtschaftlich berechtigt anzuerkennenden Möglichkeiten verkleinern, darf jedoch niemals so weit gehen, dass in dem derart verengerten Rahmen nicht mehr alle im Walde wirklich vorkommenden Fälle Platz finden.

Verbietet nun auch jene Mannigfaltigkeit der Umstände die strikte Anwendung

jeder Schablone im Waldbau, so müssen doch, wie schon oben angedeutet wurde, gewisse, allgemein leitende Ziele für die forstliche Produktion aufgestellt werden. Ausgangspunkt für alle Erwägung ist hierbei zunächst der Standort; durch diesen ist — wenn man von absolut besten Böden und Lagen absieht, welche kaum je in grosser Ausdehnung dem Forstwirtschaftsbetrieb überwiesen sind — immer nur eine beschränkte Reihe von waldbaulichen Möglichkeiten bedingt, unter welchen man zu wählen hat; die Entscheidung wird durch die im übrigen zu beachtenden Momente (Wert der Produkte, Absatzgelegenheit, Gewährung gewisser Nebennutzungen, Arbeitsgelegenheit u. s. w.) begründet. So kann z. B. für viele Standorte als waldbaulich möglich, bezw. mit gleicher Aussicht auf Erfolg ausführbar, die Anzucht der Buche mit eingesprengten Eichen, Eschen, Ahornen und andererseits etwa der Fichte oder Tanne, beides unter mehrfacher Modifikation bezüglich des Verfahrens im einzelnen (Art der Bestandsbegründung, des Durchforstungsbetriebs u. s. w.) in Frage kommen. Die Entscheidung liegt dann ausserhalb des Waldbaus. Der letztere zeigt, zunächst unabhängig von anderen Rücksichten, wie man auf einer Waldbodenfläche, eventuell in verschiedener Weise, Bestände schaffen kann. Auf Grund statischer Untersuchungen, welche alle konkurrierenden Momente, insbesondere auch die volkswirtschaftlich zu berücksichtigenden, bei der Begutachtung einbeziehen müssen, erhalten dann die waldbaulichen Operationen jeweils ein örtlich und zeitlich modifiziertes Gepräge. Je nachdem der spezielle Wirtschaftszweck ein verschiedener ist, erstehen in der Folge, durch die Kunst des Wirtschafters, auch unter gleichen äusseren Bedingungen ganz verschiedene Bestandesbilder.

Dass alles, was erreicht werden soll, mit möglichst geringem Aufwand erreicht werde, ist oberster Wirtschaftsgrundsatz. Daraus folgt, dass nicht nur die direkten Ausgaben, natürlich immer unter der Voraussetzung eines genügenden Erfolgs, auf ein geringstes Mass beschränkt werden müssen, sondern namentlich auch, dass an Zeit möglichst zu sparen ist. Jede Abkürzung der Umtriebszeit ist im allgemeinen ein Gewinn in dem Sinne, dass alle wirtschaftlichen Massnahmen, welche uns ohne unverhältnismässige Kostenmehrung gestatten, die erforderliche Menge an Produkten von bestimmter Beschaffenheit (z. B. Nutzholzstämme einer gewissen Stärke) in kürzester Zeit zu erziehen, vor anderen den Vorzug verdienen, um so mehr, als dadurch auch die für das Einzeljahr des Umtriebs verfügbare Fläche entsprechend grösser ausfällt.

Das Bestreben, den Produktionsaufwand im ganzen und im einzelnen tunlichst herabzumindern, schliesst überdies auch die Forderung sorgfältigster Schonung des Bodenkapitals ein; unsere waldbauliche Arbeit muss die Erhaltung und womöglich Mehrung derjenigen Eigenschaften des Bodens, von welchen dessen Leistungsfähigkeit abhängt, gewährleisten. In dieser Erwägung bietet sich für die Beurteilung der einzelnen wirtschaftlichen Operationen sowie ganzer Betriebsarten ein bisher nicht berührter, überaus wichtiger Massstab dar: die Nachhaltigkeit der Waldwirtschaft ist wesentlich davon abhängig, dass der einzelne Bestand keinenfalls mehr als die Zinsen des Bodenkapitals, nicht aber Teile des letzteren selbst für sich beansprucht; ja man sieht sich sehr häufig vor die Aufgabe gestellt, vor allem eine Besserung des Bodenproduktionsvermögens durch richtig gewählte und durchgeführte waldbauliche Operationen zu bewirken, auch wenn dadurch unter Umständen erhebliche Ausgaben veranlasst werden. Immerhin ist die Bodenpflege stets nur Mittel zum Zweck, und Aufwendungen in dieser Richtung sind nur so lange zu rechtfertigen, als sie sich in dem höheren Wert der demnächst und in der Zukunft erwachsenden Bestände belohnt machen.

§ 2. Hilfsfächer, Einteilung: Diejenigen Disziplinen, deren Kenntnis der Waldbau voraussetzen muss, die also füglich als Hilfsfächer desselben bezeichnet

werden können, sind Standortslehre, bezw. Bodenkunde und Klimatologie, sowie die Forstbotanik.

Das Gesamtgebiet des Waldbaus lässt sich folgendermassen einteilen:

I. Das Bestandesmaterial; II. die Bestandesbegründung; III. die Bestandeserziehung; IV. die forstwirtschaftlichen Betriebsarten.

Erster Abschnitt.

Das Bestandesmaterial.

§ 3. In diesem Abschnitte ist im wesentlichen die Wahl der geeignetsten Holzart zu besprechen und damit eine wichtige Vorfrage für alle waldbauliche Tätigkeit zu erledigen.

Die waldbaulich wichtigeren Holzarten sind:

a) Laubhölzer: Rotbuche, Fagus silvatica, — Stieleiche, Quercus pedunculata, — Traubeneiche, Quercus sessiliflora, — Zahme Kastanie, Castanea vesca, — Hainbuche (Weissbuche, Hagebuche, Hornbaum), Carpinus betulus, — Rüster, Rusche oder Ulme, Ulmus (effusa, campestris und montana), Esche, Fraxinus excelsior, — Ahorn, Acer (pseudoplatanus, platanoides, campestre), — Erle, Alnus (glutinosa, incana, viridis), — Birke, Betula (verrucosa, pubescens), — Sorbus-Arten, z. B. die Vogelbeere, S. aucuparia; Elsbeere, S. torminalis; Mehlbeere, S. Aria, — Linde, Tilia (parvifolia und grandifolia), — Falsche Akazie, Robinia pseudoacacia, — Zitterpappel (Aspe), Populus tremula und sonstige Pappeln, wie P. alba, nigra, canadensis, — Weide, Salix (caprea, fragilis, amygdalina, acutifolia, alba, viminalis, daphnoides, purpurea); b) Nadelhölzer: Weisstanne (Edeltanne), Abies pectinata, — Fichte (Rottanne), Picea excelsa, — gemeine Kiefer (Föhre, Forle, Forche), Pinus silvestris, — Schwarzkiefer, Pinus laricio austriaca (syn. nigricans) und Pin. laricio Poiretiana (syn. corsicana), — Legföhre, Pinus montana, — Zürbelkiefer (Arve), Pinus cembra, — Weymouthskiefer, Pinus strobus, — Lärche, Larix europaea.

Zu diesen, in Deutschland überall teils heimischen, teils eingebürgerten Holzarten sind da und dort hinzugetreten, bezw. gesellen sich neuerdings in erweitertem Umfang, namentlich infolge planmässig eingeleiteter Versuche des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten, eine Reihe von Exoten, vorab Nordamerikanern und Japanern, wie z. B. Quercus rubra, Juglans- und Carya-Arten, Fraxinus americana, sowie von Nadelhölzern u. a. Pseudotsuga Douglassii, Picea sitchensis, Pinus banksiana, Thuja gigantea, Chamaecyparis Lawsoniana u. s. w.

Waldbauliche Bedeutung der einzelnen Holzarten:

Bei deren Beurteilung kommen in Betracht: die Standortsansprüche, die Entwickelung des einzelnen Baumes, das Verhalten der Holzart im Bestand, sowie deren wirtschaftliche Bedeutung.

I. Standortsansprüche.

§ 4. Als Wirkung des Standortes wird die Gesamtheit der durch Boden und Lage bedingten örtlichen Einflüsse bezeichnet, unter welchen eine Holzart lebt. Die Beziehungen im einzelnen, welche zwischen Standort und Holzart bestehen, sind im wesentlichen in der Standortslehre (Abschnitt II des Handbuchs, Bd. I, S. 103 ff.), sowie zum Teil in der Forstbotanik (Abschnitt III des Handbuchs, Bd. I, S. 199 ff.) erörtert. Es handelt sich dabei hinsichtlich des Bodens um dessen chemische Zusammensetzung und dessen sog. physikalische Eigenschaften, hinsichtlich der Lage um die Abdachung, Exposition, Meereshöhe, geographische Lage, Oberflächengestaltung und um die Umgebung eines Waldortes.

Vom Standpunkte des Waldbaues aus möchte in Ergänzung der voraufgehenden beiden Abschnitte II und III des Handbuchs auf folgendes noch besonders hingewiesen werden.

A. Boden, insbesondere physikalische Eigenschaften desselben.

§ 5. Als solche gelten Feuchtigkeit, Gründigkeit und Bindigkeit.

Fast alle unsere Holzarten zeigen da das beste Gedeihen, wo keine jener Eigenschaften in einem ihrer Extreme vorhanden ist; weder Nässe, noch Trockenheit, weder Festigkeit noch Lockerheit kann, sobald ein bestimmtes Mass überschritten wird, als zuträglich bezeichnet werden. Hinsichtlich der Gründigkeit ist allerdings im allgemeinen nur das eine Extrem, die Flachgründigkeit einer freudigen Entwickelung oft hinderlich, während Tiefgründigkeit nur in den seltenen Fällen einmal nachteilig werden kann, wenn sie, — sei es, weil die atmosphärischen Niederschläge zu rasch in den Boden einsinken, sei es, weil ein Heraufdringen des Grundwassers aus der Tiefe bis zum Wurzelraum nicht mehr stattfindet, — Trockenheit zur Folge hat. Eine gewisse mittlere Beschaffenheit des Bodens ist also im grossen und ganzen die zuträglichste und bietet, da sie fast alle Holzarten wenigstens zulässt, in waldbaulicher Beziehung dem Wirtschafter den weitesten Spielraum. Freilich zeigen nicht entfernt alle oder auch nur eine Mehrheit unserer Holzarten bei der nämlichen mittleren Bodenbeschaffenheit gleich gute Entwickelung; ihre Ansprüche und demgemäss ihr Gedeihen sind mannigfach abgestuft. Ausgeschlossen aber ist auf diesen Böden mittlerer Eigenschaften im allgemeinen keine Holzart, und in solchem Falle wird dann die Auswahl einer bestimmten Holzart wesentlich durch deren Verhalten im Bestand, sowie ihre wirtschaftliche Bedeutung bedingt, während überall, wo irgend welche Extreme der Bodenbeschaffenheit vorliegen, diese bei der Entscheidung über die anzubauende Holzart in erster Linie massgebend werden; die Zahl der Möglichkeiten ist dann meist eine sehr beschränkte.

Es ist bekannt, dass und inwieweit der Humus geeignet ist, die physikalischen Eigenschaften des Bodens zu modifizieren, indem er zwischen den Extremen vermittelt, insbesondere einem lockeren Boden mehr Bindigkeit, einem festen grössere Lockerheit gewährt, durch bedeutende Wasseraufnahme und wasserhaltende Kraft die Feuchtigkeit reguliert, als schlechter Wärmeleiter ausgleichend wirkt und durch Kohlensäure-Entwickelung den mineralischen Boden aufschliesst. Als absolute Bedingung für die Waldvegetation kann er, sofern im übrigen der Boden die nötigen mineralischen Nährstoffe, sowie die erforderlichen physikalischen Eigenschaften besitzt, nicht angesehen werden. Immerhin leuchtet ein, dass die waldbauliche Tätigkeit auf ununterbrochene, reichliche Humusbildung abheben muss. Dabei handelt es sich keineswegs um die Anhäufung grösserer Humusmassen, sondern vor allem um einen regelmässigen normalen Fortgang der Streuzersetzung und der Mengung der Zersetzungsstoffe mit dem mineralischen Boden.

Im einzelnen sind die Ansprüche der Holzarten an den Boden ausserordentlich verschieden. Erwägt man überdies, dass auch für das Gedeihen einer **bestimmten** Holzart nicht ein durchweg gleichbleibendes Mass der verschiedenen Bodeneigenschaften gefordert wird, sondern, namentlich durch verschiedene Lage bedingte Schwankungen zulässig sind, so erhellt, dass eine Charakteristik der Holzarten nach ihren Bodenansprüchen nur ganz im allgemeinen und in grossem Zuge möglich ist, auch mehr nur in der Art, dass die Grenze angedeutet wird, unter welche bezüglich der einzelnen Bodeneigenschaft nicht herunter-, bezw. über welche nicht hinaufgegangen werden darf, als dass man etwa innerhalb dieser Grenzen ein bestimmtes Mass als jeweilig absolut bestes bezeichnen könnte. Dies ist schon durch die grosse Zahl zusammenwirkender Faktoren ausgeschlossen. Gleiches gilt demnächst von der **Lage**. Auch deren Einfluss

macht sich in verschiedenen Beziehungen geltend; dabei wirkt dann wiederum die Bodenbeschaffenheit modifizierend. Zu beachten ist, dass aus dem tatsächlichen Vorkommen einer Holzart nicht ohne weiteres auf deren Wohlbefinden Schlüsse gezogen werden können. Anbaufähigkeit und Anbauwürdigkeit sind sehr zu unterscheiden; für jede Holzart gibt es ein Optimum ihres Vorkommens, an welches sich Zonen geringerer Leistung derselben anschliessen. Vom waldbaulichen Standpunkte aus entscheidet überhaupt das Verhalten der Holzart im Bestand viel mehr als die Entwickelung des Einzelbaumes. Die besten Standorte werden natürlich zunächst von den begehrlichsten Holzarten in Beschlag genommen, so dass sich weniger anspruchsvolle vielfach mit geringeren Böden und schlechteren Lagen begnügen müssen, obwohl auch sie gern an dem Genuss der besseren Standorte teilnehmen würden (z. B. die gem. Kiefer).

§ 6. 1) Feuchtigkeit: Ausgehend von der überaus wichtigen Rolle, welche dem Wasser in der Pflanzen-Ernährung zukommt, und von der daraus folgenden und durch die Tatsachen allseits bestärkten Ueberzeugung, dass jede Holzart ceteris paribus auf frischem Boden besser gedeiht, als auf trockenem, muss man sorgsame Bodenpflege im Sinne der Wassererhaltung als eine unabweisbare Forderung hinstellen. Was in dieser Hinsicht zu beachten und vorzukehren ist, wird späterhin berührt werden.

Für trockenen Boden taugen noch die gemeine Kiefer und die gemeine Birke, Bet. verrucosa, die falsche Akazie und eventuell einzelne Pappeln und Weiden; einen mindestens feuchten, wenn nicht nassen Boden verlangt z. B. die Schwarzerle, die Ruchbirke, Bet. pubescens; auf einem solchen gedeihen viele Weiden, auch wohl noch Vogelbeere, Krummholzkiefer; doch bedingt stagnierende Nässe fast immer eine mehr oder minder zweifelhafte Entwickelung, während, so lange das Wasser in Bewegung ist oder sich nur vorübergehend einfindet, auch ein Ueberschuss daran vielfach kein Hindernis guten Wachstums wird, wie die Weiden an Bach- und Flussufern und die üppige Entwickelung bes. der Stieleichen, Eschen, Ulmen in zeitweise überschwemmten Auewaldungen beweisen. Selbst die Rotbuche findet sich da und dort in Inundationsgebieten nicht selten. Fraxinus america soll sich (nach Brecher) noch besser bewähren als Frax. excelsior; Carya alba, Akazie und Lärche haben sich nach Ueberschwemmungen gut gehalten. Zeitpunkt, Dauer etc. der Ueberschwemmung sind dabei von Einfluss.

Weitaus die meisten unserer Holzarten meiden die Extreme und befinden sich nur auf frischen, höchstens feuchten Böden wohl, mit der Abstufung, dass man einen nur frischen Boden für die in der Uebersicht zu Eingang dieses Abschnittes genannten Nadelhölzer sowie für Eiche, Buche, Ahorn, Linde, einen feuchten dagegen für Esche, Hainbuche, Ulme, Pappeln und Weiden vorziehen wird. Von den Ausländern, mit welchen Anbauversuche gemacht werden, scheinen die meisten mehr einen nur frischen Boden zu lieben.

2) Gründigkeit: Flachgründige Böden sind oft, insbesondere an Hängen, zugleich trocken, seltener, bei undurchlassendem Untergrund, in ebener Lage, zu nass und in beiden Fällen meist von geringer Ertragsfähigkeit. Hiervon abgesehen aber müssen sie dem Gedeihen derjenigen Holzarten hinderlich sein, welche ein tiefgehendes Wurzelsystem haben, namentlieh dann, wenn letzteres durch eine stark ausgebildete Pfahlwurzel charakterisiert ist, welche sich, auf einem festen, unzerklüfteten Untergrund aufsitzend, nicht normal entwickeln kann. Aus diesem Grunde taugen z. B. Eiche, Esche, Ulme, Linde und auch die Tanne nicht auf einen flachgründigen Boden, während sich die Fichte mit ihren flachstreichenden Wurzeln daselbst noch gut zurechtfindet. Auch Buche, Birke u. a. sind von einem nicht gründigen Boden keineswegs ganz ausgeschlossen. Immerhin sind auch für Holzarten, welche ihre Wurzeln in der Regel nicht weit in die Tiefe senken, tiefgründige Böden wegen deren meist

mehr mittleren Feuchtigkeitszustandes entschieden vorzuziehen. Ungenügendes Mass der Gründigkeit macht sich fast immer durch geringes Höhenwachstum bemerklich. Man vergleiche hiezu auch die Bemerkungen zu § 8, II, 2, S. 420.

3) Bindigkeit: Von dem Grade derselben ist die Entwickelung der Holzbestände insofern beeinflusst, als mit ihr die Ausbildung der feinen Saugwurzeln, die Standfestigkeit der Bäume und der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, sowie die Durchlüftung des letzteren in Beziehung stehen. Die Extreme (einerseits strenger Tonboden, bald zu nass und kalt, bald zu hart und rissig, wenn trocken, andererseits Flugsand) sind in jedem Falle nachteilig. Zu den Holzarten, für deren normale Leistung auch ein lockerer Boden gefordert werden muss, gehören z. B. Ulme, Esche, zahme Kastanie, Erle, falsche Akazie, von den Nadelhölzern gemeine Kiefer, Douglasfichte; die meisten andern zeigen auf einem Boden von mittlerem Bindigkeitsgrad voll befriedigendes, zum Teil sogar ihr bestes Gedeihen.

B. Die Lage und die durch dieselbe gegebenen klimatischen Bedingungen.

§ 7. Kann im grossen und ganzen behauptet werden, dass sehr viele, ja die meisten der deutschen Waldbäume hinsichtlich der Bodenbeschaffenheit innerhalb ziemlich weiter Grenzen ein genügendes Wirtschaftsergebnis gewährleisten, so werden die Verhältnisse in bezug auf die Lage vielfach kritischer; zum Teil rührt dies allerdings daher, dass durch die Bedingungen der Lage, wie schon angedeutet wurde, die Bodeneigenschaften mittelbar oder unmittelbar beeinflusst werden, zum grossen Teil aber auch daher, dass gewisse, die einzelnen Holzarten in ihrer Entwickelung behindernde oder geradezu bedrohende klimatische Einwirkungen, wie Frost, Hitze, Schneedruck, Reif, Sturmwind u. s. w. an die Lage geknüpft sind. So kommt es, dass viele Holzarten, weil an bestimmte Lagen gebunden, im Waldbau eine weit weniger ausgedehnte Verwendung finden, als sie ihnen zugestanden werden könnte und auch wegen ihres wirtschaftlichen Wertes gern eingeräumt würde, wenn nur die Bodenansprüche massgebend wären.

Die schädigenden klimatischen Einflüsse werden im Forstschutz (Abschnitt V des Handbuchs, 2. Band) besprochen. Hier nur einige kurze ergänzende Bemerkungen:

1. Exposition, d. h. Neigung eines Bodens gegen die Himmelsgegend. Da durch dieselbe cet. par. der Einfluss der Sonne auf eine Waldbodenfläche bedingt ist, so kommt die Verschiedenheit der Exposition zunächst durch entsprechende Verschiedenheit der Erwärmungsverhältnisse zum Ausdruck. Tatsächlich macht sich aber in mittleren Höhenlagen der Unterschied der einzelnen Expositionen besonders hinsichtlich des Feuchtigkeitsgrades bemerklich, der, zumeist infolge der direkten, intensiveren Erwärmung durch die Sonne, in Süd- und Südwestlagen im allgemeinen ein geringerer ist, als auf Nord- und Nordostseiten; die Böden in ersteren sind trockener, die Holzpflanzen werden überdies zu energischerer Blattverdunstung gereizt, so dass diejenigen, welche in den genannten Beziehungen anspruchsvoll sind, von den Süd- und Südwesthängen fern bleiben.

Recht empfindlich ist in dieser Hinsicht z. B. die Weisstanne, welche gern die nördlichen und östlichen Lagen einnimmt, während das Umsetzen der Exposition nach Süd und West oft sofort durch das Auftreten der Kiefer charakterisiert ist[2]).

Die Bestandesverjüngung wird, sowohl was Wahl der Methode als auch Ausführung im einzelnen anlangt, durch die angedeuteten Wirkungen der Exposition oft

2) S. die bezüglichen Mitteilungen des Forstmeisters Graf von Uexküll aus dem württ. Schwarzwaldforste Neuenbürg, Monatschrift für Forst- und Jagdwesen, Januar 1877.

wesentlich beeinflusst; dazu kommt die Beziehung der Exposition zu Windgefahr, Schneedruck und Frost. In höheren Gebirgslagen muss bezüglich des Gedeihens der Holzarten, von einer gewissen Grenze an, der meist grösseren Wärme der Süd- und Westseiten das unmittelbar entscheidende Wort zugestanden werden, während feuchtere Luft, bedeutendere Niederschlagsmengen u. s. w. dort den Faktor Feuchtigkeit in seiner Beziehung zur Exposition zurücktreten lassen.

2. Abdachung, d. h. Neigung des Bodens gegen die Horizontale. Im allgemeinen bilden, sofern ein gewisses, allerdings je nach den sonstigen Umständen (Exposition, physikalische Bodeneigenschaften u. s. w.) wechselndes Mass der Steilheit nicht überschritten wird, auch bedeutendere Neigungen kein Hindernis der Holzkultur, wenn auch Bestandesbegründung und -erziehung, sowie namentlich auch die Ernte und der Transport der Forstprodukte in steileren Lagen oft mit erhöhten Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Stärker geneigte Hänge sind vielfach trockener, flachgründig, Bodenrutschungen ausgesetzt und bedingen dadurch häufig besondere Vorkehrungen. Andererseits treten Versumpfungen mehr in ebenen Lagen auf. Die Grenzen der landwirtschaftlichen Bodenbenutzung und der Waldwirtschaft sind an vielen Stellen hauptsächlich durch den Abdachungsgrad gezogen.

3. Meereshöhe und geographische Lage: Temperatur, Feuchtigkeit der Luft, atmosphärische Niederschläge (Schnee, Duft etc.), Frost und Stürme sind die Faktoren, welche hier hauptsächlich bestimmend werden.

4. Oberflächengestaltung: Dabei kommt in Betracht die Bodenausformung im grossen, sowie die verschiedenartige Gestaltung der Bodenoberfläche im einzelnen. In ersterer Beziehung ist besonders die Verteilung von Land und Wasser, sowie die Gebirgsbildung von Bedeutung: Massengebirge im Gegensatz zu Kettengebirgen mit zahlreichen Einzelzügen, Anordnung der Täler, Wechsel der Expositionen, isolierte Bergkuppen, Hochplateaus u. s. w. sind zu beachten. Innerhalb dieser, den Gesamtcharakter ausdrückenden Unterschiede, welche die waldbaulichen Massregeln oft ganz direkt beeinflussen (event. z. B. bei der Wahl der Holzart), treten dann bei der Beurteilung von Detailfragen die teilweise sehr greifbaren Verschiedenheiten im einzelnen in Kraft, wie insbesondere das Vorkommen von Mulden, welche meist infolge grösserer Feuchtigkeit und Tiefgründigkeit wesentlich besseren Holzwuchs erzeugen, aber als Tieflagen auch zu Frösten Anlass geben können, ferner von Steilhängen, flachen Rücken u. s. w. Die meisten dieser grossen und kleinen Unterschiede in der Oberflächengestaltung werden auch insofern bemerkbar, als von ihnen der grössere oder geringere Schutz eines Waldortes durch seine Umgebung abhängt. Es ist klar, wie der Verlauf der Höhenzüge, wie einzelne Berge die Wirkung der Winde auf hinterliegendes Gelände modifizieren, wie die Sturmgefahr durch die Richtung der Täler und Höhen beeinflusst wird, wie grössere Wasserflächen bei dem Auftreten von Frösten, Duft- und Eisbruch mitwirken können. Zu allen solchen Umständen, die sich teils aus grösserer Entfernung, teils aus der Nähe fühlbar machen, tritt dann der Einfluss des unmittelbar benachbarten Geländes mit seiner Bestockung (vorliegende höhere Holzbestände oder Kahlfläche — junge Kultur, Wiese, Feld — in ihren Beziehungen zu Winden, Randverdämmung u. s. w.).

II. Die Entwickelung des einzelnen Baumes.

§ 8. Da es sich hier nicht um eine botanische Charakteristik, sondern um die bei waldbaulichen Massnahmen besonders zu beachtenden, bezw. zu verwertenden Eigenheiten in der Entwickelung der einzelnen Holzarten handelt, so sind dieselben, unter Voraussetzung normaler Verhältnisse, vorab also eines geeigneten Standortes, hauptsächlich nur im Hinblick auf folgende Fragen zu untersuchen:

1) Wie vollzieht sich die Keimung? Bleiben die Kotyledonen unter der Erde oder werden sie mit heraufgenommen? — 2) Wie sieht das Wurzelsystem aus? — 3) Ist die Holzart in der Jugend rasch- oder langsamwüchsig? Welchen Verlauf nimmt überhaupt ihre Höhenentwickelung absolut und im Vergleich zu derjenigen anderer Holzarten? — 4) Wie verhält sich die Holzart gegen Beschädigungen aller Art? Ist dieselbe insbesondere in ihrer Jugend gegen Frost und Hitze empfindlich? ist sie dem Schneedruck und der Sturmgefahr besonders ausgesetzt? — 5) Wann beginnt sie regelmässig zu fruktifizieren? in welchem Umfange darf auf Wiederkehr waldbaulich verwendbarer Masten gerechnet werden?

Auf die meisten der vorstehenden Fragen geben die Abschnitte III Forstbotanik und V Forstschutz des Handbuches Antwort, so dass man sich hier auf eine Gruppierung der Hauptholzarten nach vorgenannten Gesichtspunkten, sowie allenfalls auf einige ergänzende Bemerkungen beschränken kann:

1) Keimung: Die Kotyledonen bleiben unter der Erde bei der Eiche und zahmen Kastanie, Juglans und Carya, während die übrigen Laubhölzer, sowie die Nadelhölzer dieselben über die Erde mit heraufnehmen. Dies bedeutet die Verrichtung einer bei Durchdringung der über dem Samen lagernden Bodenschicht zu leistenden mechanischen Arbeit, welche um so grösser ist, je bedeutender die Flächenausbreitung der Kotyledonen, die Höhe der Bedeckung, die Bündigkeit und das Gewicht der betr. Erdschichte ist. Die Bedeckung kann bei Eiche, Kastanie u. s. w. entsprechend stärker sein. Vergl. 2. Abschnitt, III. Kapitel, 2. Teil IV, E.

2) Wurzelsystem: Holzarten mit weitverzweigtem Wurzelsystem beanspruchen damit einen grösseren Nahrungsraum, sind aber u. U. auch auf ärmerem, trockenerem Boden noch zuwachskräftig (Akkommodationsfähigkeit von Weidenarten); durch Bäume mit flachstreichenden Wurzeln wird zunächst nur die obere Bodenschicht, von solchen mit tiefgehenden Wurzeln werden entsprechend tiefer liegende Schichten behufs Nahrungsaufnahme in Anspruch genommen; erstere können auf flachgründigem Boden, wo letztere versagen, eher noch gedeihen. Holzarten mit tiefgehender Pfahlwurzel, dann besonders auch solche mit mehreren starken, tiefeindringenden Wurzelsträngen sind standfester als solche mit flachstreichenden Wurzeln. Durch diese Andeutungen sind einige Hauptmomente hinsichtlich des Einflusses der Bewurzelung charakterisiert.

Als Holzarten mit tiefgehenden Wurzeln sind zu nennen: Eiche (Qu. pedunculata und sessiliflora), Ulme, Esche, Ahorn (besonders Acer pseudoplatanus), zahme Kastanie, Schwarzerle, Linde, auch Weisstanne, gemeine Kiefer, Weymouthskiefer, Lärche. Von den genannten haben manche eine bis in höheres Alter kräftig entwickelte Pfahlwurzel, wie z. B. Eiche, zahme Kastanie, während bei anderen, wie Erle, Lärche, früher oder später das Wachstum der Pfahlwurzel nachlässt, dagegen mehrere schräg in den Boden eindringende starke Seitenwurzeln das Gerüst des Wurzelsystems bilden.

Flachstreichende Wurzeln haben Birke, falsche Akazie, Pappeln und Weiden, sowie von den Nadelhölzern die Fichte, während andere Holzarten, wie Buche, Hainbuche, Weisserle, eine Mittelstellung einnehmen. Abgesehen von den unzweideutig ausgeprägten Extremen ist überhaupt diese, wie jede ähnliche Abgrenzung, angesichts der zahlreichen Uebergänge keine sichere, zumal auch bei der gleichen Holzart je nach der Bodenbeschaffenheit oft auffällige Verschiedenheiten und vielfache Uebergänge vorkommen. Namentlich ist die Bildung einer ausgeprägten Pfahlwurzel nicht bei allen, eine solche von Haus aus aufweisenden Holzarten in gleicher Weise Bedingung einer guten Entwickelung (Eiche), sondern unter Umständen (Tanne auf weniger gründigen Böden) kann eine starke eigentliche Pfahlwurzel durch kräftigere Entwickelung seitlicher Wurzeln ersetzt werden.

3) Höhenentwickelung[3]: Für viele waldbauliche Fragen (Erzielung genügenden Bestandesschlusses und damit guter Bodendeckung, Schädigung durch Wild, Weidvieh, Frost u. s. w.) ist namentlich die Jugendentwickelung der Holzarten entscheidend. Einzelne machen schon in den ersten Lebensjahren bedeutende Längstriebe (falsche Akazie, gemeine Kiefer), während andere (Tanne) erst nach einer Reihe von Jahren mit einer energischeren Höhenentwickelung beginnen. Die Trennung in rasch- und langsamwüchsige Holzarten bezieht sich zumeist auf diese Jugendzeit, und zwar können in diesem Sinne als langsamwüchsig gelten: Buche, Hainbuche, Tanne, wogegen man von den Laubhölzern Erle, Birke, Akazie, ferner Esche, Ahorn, zahme Kastanie, Pappeln und Weiden, von den Nadelhölzern die meisten Pinus-Arten und die Lärche als raschwüchsig bezeichnen und endlich den Ulmen, Linden, Pirus- und Sorbus-Arten, sowie der Fichte eine mittlere Stellung einräumen muss. Doch auch hier finden sich von Fall zu Fall, d. h. je nach Standort, Witterung, Behandlung u. s. w. mancherlei Verschiebungen. Je nach der Bodenzusammensetzung z. B. kann sich geradezu die Skala der Schnellwüchsigkeit der Holzarten während der ersten Jugendjahre ändern. Ziemlich rasch in ihrer Jugendentwickelung sind meist auch die Eichen, doch vielfach bald nachlassend. Uebrigens sind beide Eichenarten in diesem Punkte so wenig gleichwertig, wie in manchen anderen Beziehungen; der Traubeneiche wird ziemlich allgemein rascherer Wuchs und längeres Andauern kräftiger Höhenentwickelung zuerkannt. Bei vielen der genannten Holzarten ändert sich das Verhalten auch mit zunehmendem Alter, indem manche (namentlich im inzwischen geschlossenen Bestand) der bisher langsam wüchsigen (Tanne) sich in der Folge durch rasche Höhenentwickelung auszeichnen, andere, in der Jugend raschwüchsig, früher oder später nachlassen, besonders wenn sie sich nicht auf einem durchaus günstigen Standorte befinden (Esche, Ahorn, Eiche u. a. m.). Der bei den einzelnen Holzarten verschiedene Zeitpunkt dieses Nachlassens verdient namentlich beim Zusammenordnen derselben im Mischbestande sorgfältige Beachtung.

Endlich ist von Bedeutung, wenn auch weniger für eigentlich waldbauliche Massnahmen, als im Hinblick auf die Rentabilität des Betriebs (Haubarkeitserträge), die absolute Höhe, welche überhaupt erreicht wird. In dieser Hinsicht stehen die Nadelhölzer (Tanne und Fichte bis zu 40 Meter und mehr) im allgemeinen den Laubhölzern voran; entscheidend ist nicht sowohl die Höhe einzelner besonders gut entwickelter Exemplare, als vielmehr die mittlere Höhe haubarer Bestände; übrigens ist die Höhenentwickelung in ganz besonderem Masse von der Standortsgüte abhängig.

4) Verhalten der Holzarten gegen Beschädigungen. Wild-, Weidevieh-, sowie Insektenschäden kommen insofern in Betracht, als sie (wie Rüsselkäferfrass an Kulturen, Maikäferschaden, das Auftreten gewisser Schmetterlinge u. a.) auf die waldbaulichen Anordnungen einen bestimmenden Einfluss ausüben. Immerhin sind unsere wirtschaftlichen Entschliessungen häufiger und allgemeiner durch das Verhalten der Waldbäume gegen Frost und Hitze, gegen Schneeschaden und Sturm bedingt.

Indem hinsichtlich dieser Gefahren und die dieselben bedingenden Momente auf den Forstschutz verwiesen wird, soll hier nur hervorgehoben werden, dass manche, sonst, d. h. namentlich in bezug auf ihre Massen- und Wertserträge, sowie ihr Verhalten gegen den Boden u. s. w., vielleicht weniger geschätzte Holzart durch ihre

3) Ueber die Art der Ermittelung des Höhenzuwachsganges ist die Holzmesskunde von v. Guttenberg, Handbuch 3. Band Abt. IX zu vergleichen. Daselbst finden sich überdies die Entwickelungsgesetze nach dem dermaligen Stand unserer Kenntnis zusammengestellt. -- Auf die Frage der Bedeutung des Höhenwachstums bei Anlegung gemischter Bestände wird noch zurückgekommen werden.

Unempfindlichkeit gegen Frost und Hitze für gewisse konkrete Fälle eine besondere Bedeutung erlangen kann, indem sie empfindlichere Holzarten endweder ganz vertritt oder denselben als wirksames Schutzholz (Mischung, Voranbau) beigesellt wird. Beispiele: Hainbuche statt der Rotbuche zum Unterbau auf feuchten Stellen, Kiefer als Schutz- und Treibholz für Eiche, Birkenvoranbau. Ebenso können manche Holzarten wegen besonderer Gefährdung (z. B. durch Wild) örtlich von unseren Erwägungen bezüglich der Wahl der Holzart ausgeschlossen erscheinen.

5) Fruktifikation: Soweit Bestandesbegründung durch Pflanzung stattfindet, ist der Waldbau mit seinen Operationen von dem Eintritt guter Samenjahre nur in mässigem Umfange abhängig: denn einmal kann man, was an Pflänzlingen nicht aus Schlägen entnommen werden kann, sondern besondere Anzucht erheischt, aus verhältnismässig kleinen Mengen des betreffenden Samens erzielen, so dass auch in samenarmen Jahren oft wenigstens dieses geringe Quantum brauchbaren Samens gewonnen werden kann, und zum andern kann im Falle reichlicher Mast meist für mehrere Jahre vorgesorgt werden, weil man bei der Pflanzung nicht immer gerade auf ein ganz bestimmtes Alter der Pflänzlinge angewiesen ist. Dagegen ist allerdings die Kultur durch Saat in weit erheblicherem Masse, sowie die natürliche Samen-Verjüngung vollständig an die Masten gebunden, und es ist, namentlich für das regelmässige Fortschreiten der Wirtschaft im grösseren nachhaltigen Betriebe, oft von wesentlichem Einfluss, ob und in welchen Zwischenräumen Mastjahre in genügender Art wiederkehren (vergl. den Abschnitt über Bestandesbegründung).

Man kann zwar für Saaten unter Umständen auch noch einige Jahre alten Samen verwenden, überdies den Samen, wenn nötig, aus weiter Ferne herbeischaffen, aber diese Behelfe fehlen bei der Naturbesamung. Wenn nun letztere auch bei allen Holzarten stattfindet, so ist der Wirtschaftsbetrieb im grossen doch meist nur bei der Tanne und Buche, sowie vielfach bei der Fichte, da und dort auch bei der Eiche, bei Esche, Ahorn und Forche auf dieselbe begründet. Die Benutzung natürlicher Ansamung von Eiche, Esche, Ahorn u. s. w. wird, weil sie vielfach nicht nur als erwünschte Ergänzung der künstlichen Kultur erscheint, sondern letztere geradezu überflüssig machen kann, neuerdings mit Recht vielenorts in grösserem Umfange angestrebt. In erster Linie kommen für unsere Frage Tanne, Fichte und Buche, event. Forche und Eiche in Betracht, da solche Holzarten wie Esche und Ahorn, dann auch Hainbuche und Birke meist sehr regelmässig Samen tragen oder doch selten gänzlich versagen. Obwohl schon vom ausgehenden Stangenholzalter an oft bedeutendere Masten vorkommen, und zwar auf schlechterem Standort gewöhnlich früher als auf besserem, wird die regelmässige Wiederkehr derselben meist doch erst von einem späteren Entwickelungsstadium an beobachtet, welches demgemäss als volle Mannbarkeit bezeichnet werden kann. Erst wenn diese eingetreten ist, lässt sich die Verjüngung mit Sicherheit leiten.

Man kann rechnen[4]), dass bei der Tanne etwa vom 70.—80. Jahre an in mildem Klima alle 3, in rauherem alle 5—7 Jahre eine reichliche Mast eintritt; bei der Fichte geschieht dies bei eben diesem Alter (mit entsprechenden, örtlich allgemein, sowie durch die mehr zufälligen Einflüsse der Jahreswitterung bedingten Schwankungen auf- und abwärts) durchschnittlich alle 5 Jahre. Die gemeine Kiefer fruktifiziert früher und oft auch reichlicher, so dass etwa vom 50. Jahre an je in 3jährigen Perioden auf eine genügende Samenmenge zu zählen ist. Buchensamenjahre, wenn auch eigentliche Vollmasten selten sind, doch, je nach Oertlichkeit, vom 70.—80. Jahre an alle 5—10 Jahre.

---

4) Vergl. u. a. Hess „Die Eigenschaften und das forstliche Verhalten der wichtigeren . . Holzarten“, woselbst in Anmerkungen die Spezialliteratur nachgewiesen ist.

Aehnlich wie die Buche (im ganzen wohl etwas günstiger) verhalten sich die Eichen, doch bewegt sich die Buche mehr in Extremen, während die Eichen häufiger Mittelernten bringen.

Von besonderem Einfluss auf die Samenentwickelung sind die Witterungsverhältnisse, zumal auch Spätfröste. Nasskalte Jahre sind oft besonders schlecht. Die Periodizität der Blütejahre ist natürlich meist grösser als die der Erntejahre. Meist, aber nicht immer, geht einem Jahr mit reichlichem Samenerträgnis ein solches mit geringerem voraus oder folgt ihm.

III. Das Verhalten der Holzarten im Bestand.

Da es der Waldbau fast ausnahmslos nicht mit Einzelbäumen, sondern mit Beständen, d. h. mit einer Vielheit irgendwie zusammengeordneter Individuen zu tun hat, so ist die Würdigung der einzelnen Holzarten recht eigentlich durch deren Verhalten im Bestande, beim Zusammenleben mit Individuen der gleichen Art oder anderer Arten, bedingt. Dabei ist jenes Verhalten hauptsächlich nach zwei Richtungen hin zu begutachten, nämlich es fragt sich: 1) welchen Einfluss äussert die Holzart im Bestand auf den Boden, der sie trägt? und 2) was leistet der Bestand als solcher für die Zwecke der Wirtschaft?

A. Einfluss der Holzarten auf den Boden.

§ 9. Der Bestand, welcher dem Boden bestimmte Beträge an Nährstoffen entzieht und denselben dadurch ärmer macht, soll hiefür in Gestalt derjenigen Substanzen, welche die Holzgewächse zur Streudecke und somit demnächst zur Humusbildung beitragen, also in erster Linie durch den jährlichen Blatt- und Nadelabfall, durch Blüten- und Fruchtteile, Zweige etc. soweit möglich Ersatz leisten. Ausserdem soll durch das Kronendach des Bestandes die Einwirkung von Sonne und Wind in solchem Masse vom Boden fern gehalten werden, dass diesem hierdurch das gehörige Mass von Feuchtigkeit, sowie vor allem ein normal verlaufender stetiger Gang der Humusbildung gesichert, die Streudecke bewahrt und zugleich die Entwickelung zu massenhafter Forstunkräuter hintangehalten werde. Diese Wirkungen sollen vom Kronendach ausgehen, d. h. von der Gesamtheit aller Baumkronen, welche sich über einer bestimmten Fläche befinden. Die nach Holzart und Lebensbedingungen überaus verschiedene Ausgestaltung der einzelnen Krone ist — von der gegenseitigen Beeinflussung der Individuen und der Wirkung wirtschaftlicher Massnahmen abgesehen — allgemein bedingt durch die der Holzart eigene Art der Ast- und Zweigbildung, durch Grösse, Gestalt, Anordnung, Menge, Dauer der Blätter und Nadeln. In den weitaus meisten Fällen — ausser auf besonders kräftigen bezw. feuchten Böden, deren Erschöpfung in Absicht auf Mineralstoffe und Wassergehalt nicht zu fürchten ist — leistet in den vorangedeuteten Richtungen nur ein gut geschlossenes Kronendach Genügendes, wobei allerdings nicht erforderlich ist, dass die einzelnen Kronen sich in gleicher Höhe gewissermassen zu einer einzigen Etage zusammenfügen, sondern es können auch Einzelbäume und Gruppen verschiedensten Alters und damit verschiedenster Höhe und Ausformung den Raum über dem Boden derart mit Aesten und Zweigen anfüllen, dass deren Blätter und Nadeln die Sonne und den Wind nicht oder doch nur in unschädlichem Masse zur Erde gelangen lassen. Jedenfalls aber ist zur Herstellung jenes Schutzdaches über dem Boden, sowie zur Rücklieferung einer hinreichenden Menge an humusbildenden Substanzen auf der Flächeneinheit eine grosse Anzahl von Holzpflanzen erforderlich, welche genügend nahe zusammenstehen müssen, und deren Kronen in sich entsprechend dicht sind. Namentlich in höherem Alter, wenn der einzelne Baum einen grösseren Standraum einnimmt, ist nicht in erster Linie nahes Aneinanderrücken der Nachbarbäume,

sondern vor allem auch die Beschaffenheit der Einzelkrone für die Intensität des Bodenschutzes bedingend. In der Jugend fällt ja zweifellos die auf gegebener Fläche vorfindliche Zahl der Individuen am meisten ins Gewicht, aber mit fortschreitender Entwickelung (zunehmender natürlicher und künstlicher Bestandesreinigung) tritt diesem Moment der Einfluss der einzelnen Krone mehr und mehr als gleichwertig zur Seite. Nun verhalten sich aber unsere Holzarten in Beziehung auf die Ausbildung ihrer Kronen ausserordentlich verschieden. Zwar besitzen nicht bloss diejenigen, welche sich auch im Alter noch durch dichte Kronen auszeichnen, sondern auch viele von denen, bei welchen dies nicht der Fall ist, in der Jugend reichliche Belaubung oder Benadelung; aber mit zunehmendem Alter lichten sich die Kronen mehr und mehr aus, sie rücken überdies (infolge Absterbens der unteren Aeste) immer weiter vom Boden in die Höhe, durch seitliche Beengung sowohl im Boden als im Kronenraume gehen viele Individuen ein, so dass durch dies alles bald früher bald später (nach Holzart, Standortsverhältnissen u. s. w.) eine oft sehr weitgehende Unterbrechung des Kronenschlusses eintritt, eine Lichtstellung, die sich durch Ueberkleidung des Bodens mit Unkräutern, durch zu rasche oder auch durch unvollkommene Humuszersetzung, Austrocknung etc. bemerkbar macht. Da hierdurch allgemein der Waldboden in seiner Produktionsfähigkeit geschädigt würde, so muss für dauernd dichten Kronenschirm gesorgt werden. Dies geschieht am einfachsten, indem man überhaupt nur solche Holzarten in die Bestände bringt, deren Kronendach sich bis ins höhere Alter gut geschlossen erhält. Falls man aber aus irgend welchen Gründen zu solchen Holzarten greift, welche sich in späteren Jahren licht stellen, so werden diese wenigstens entweder mit so niedrigen Umtrieben behandelt, dass bei der Aberntung des Bestandes die für den Bodenzustand bedenkliche Lichtung noch nicht eingetreten ist, oder es muss, wenn man sie älter werden lassen will, im Zeitpunkte der beginnenden Auslichtung durch besondere Massnahmen für Bodenschutz gesorgt werden.

Diejenigen Hauptholzarten des deutschen Waldes, welche auch in höherem Alter gut geschlossene Bestände zu bilden und somit dem Boden jeden gewünschten Schutz dauernd zu gewähren vermögen, sind vorab T a n n e und B u c h e, dann auch die F i c h t e. Sie sind also vor allen andern berufen, die Hauptmasse des Waldes zu bilden, und zwar können sie ohne Gefährdung der Bodenkraft in r e i n e n Beständen auftreten, d. h. solchen, die nur aus Exemplaren der nämlichen Holzart zusammengesetzt sind. Sie speziell werden im Verein mit einigen Nebenholzarten als s c h a t t e n e r t r a g e n d e Holzarten bezeichnet, weil man die Dichtigkeit ihrer Krone, welche wesentlich darauf beruht, dass Blätter, bezw. Nadeln im Inneren derselben sich noch längere Zeit hindurch lebend erhalten, als einen Beweis höheren Schattenerträgnisses ansieht im Gegensatz zu dem bezüglichen Verhalten anderer Holzarten, deren Kronen sich bald lichten, indem die von den äusseren Blatt-, bezw. Nadelschichten umschatteten Organe im Kroneninnern nicht mehr lebensfähig bleiben. Diese Holzarten werden deshalb lichtbedürftig oder kurz L i c h t h ö l z e r genannt.

Tatsache ist also — und darauf gründet sich zunächst die Unterscheidung in Licht- und Schattenhölzer — jenes völlig verschiedene Verhalten, welches sich zeigt, wenn man Bestände der einzelnen Holzarten während ihrer Entwickelung sich selbst überlässt. Ob und inwieweit die lichtere Stellung wirklich als eine Folge des Lichtentzugs bezw. der Lichtbedürftigkeit gelten muss, oder ob nicht vielmehr die Ursache in erster Linie im Boden, in den Ernährungsverhältnissen (Wurzelkonkurrenz) zu suchen ist, muss heute noch als offene Frage betrachtet werden. Nicht weil ihnen das Licht fehlt, würde eine grössere Anzahl von Individuen früher oder später ausscheiden, sondern weil die verfügbare Nährstoffmenge nur für eine beschränkte Anzahl von Bäumen ausreiche, so möchte man schliessen; vor allem würden dabei auch die Feuchtigkeitsverhältnisse im Boden eine Hauptrolle

spielen. Man wird wohl nicht fehlgehen in der Annahme, dass die verschiedenen erwähnten Faktoren an dem Ergebnis: hie mehr oder minder geschlossener, hie lichter Bestand beteiligt sind.

Als extreme Repräsentanten der Lichthölzer können die Lärche und Birke gelten, welche sich vor allen andern durch ihre besonders dünne Krone auszeichnen. Zwischen den beiden genannten Extremen, den absoluten Schattenhölzern Tanne und Buche und den Lichthölzern Birke und Lärche, schalten sich in mannigfacher Abstufung die übrigen Holzarten ein. Keiner unserer Waldbäume liebt oder bedarf den Schatten, abgesehen von der Jugendzeit, in welcher vielen derselben Schutz gegen Frost und Hitze gewährt werden muss, was im grossen Forstbetrieb meist nur durch das Kronendach eines Schutzbestandes geschehen kann, also mit Beschattung verknüpft ist. Alle Holzarten entwickeln sich vielmehr kräftiger in der Lichtstellung. Dagegen können aber manche die Beschattung nach Mass und Zeitdauer in weiterem Umfange ertragen, während andere darunter bald notleiden, eine Verschiedenheit des Verhaltens, welche natürlich waldbaulich von höchster Bedeutung ist[5]).

Tanne und Buche brauchen (in der Ebene und den Mittellagen wenigstens) in der Jugend Schutz gegen Frost und Hitze und ertragen die Beschattung, die Tanne aber länger und intensiver als die Buche. Weit weniger schutzbedürftig, zumal gegen Sonnenbestrahlung, ist die junge Fichte; ihr Schattenerträgnis ist entschieden geringer als dasjenige der Buche. Immerhin muss man die Fichte, so lange nur die zwei grossen Gruppen: Schatten- und Lichthölzer gebildet werden, den Schattenhölzern zuzählen. Mit ihr konkurriert allenfalls in bezug auf die Fähigkeit, Schatten zu ertragen, die Weymouthskiefer, von Laubhölzern vielleicht die Hainbuche. Alle anderen Holzarten sind als Jungwüchse sofort sehr dankbar für vollen Lichtgenuss und erhalten sich unter dem Schatten von Oberständern im allgemeinen nur dann einige Zeit wuchskräftig, wenn ihnen, was dabei an atmosphärischen Niederschlägen (Regen, Tau etc.) abgeht, durch Bodenfrische, feuchte Luft, gute Ernährung reichlich ersetzt wird. — Von dem Verhalten in der ersten Jugend ist dasjenige während der weitern Entwickelung des Bestandes zu unterscheiden. Das kritische Alter, in welchem sich die grössere oder geringere Fähigkeit einer Holzart, dichte und damit reine Bestände dauernd zu bilden, deutlich ausspricht, ist gemeinhin die Zeit des beginnenden Stangenholzes. Ausser bei Lärche und Birke tritt die Sorge um den Bodenschutz im reinen Bestande einer Lichtholzart meist erst von jenem Zeitpunkte ab an uns heran; ja in Beständen mancher lichtkroniger Nadelhölzer, wie z. B. der gemeinen Kiefer, kann man sich dieser Sorge oft noch weiterhin, bis in's mittlere, ja höhere Stangenholzalter entschlagen, sofern eine dichte Moosdecke den Boden überkleidet und ihm den erforderlichen Schutz (Feuchtigkeit etc.) gewährt. Von verschiedenen Schriftstellern sind die Holzarten in bezug auf ihre Fähigkeit, Schatten zu ertragen, bezw. sich im geschlossenen Bestande zu halten, klassifiziert worden[6]). Die Skala, welche dieselben aufgestellt haben, stimmt nicht in allen Einzelheiten überein; dies kann auch nicht anders sein, denn die Beobachtungsgebiete, welchen die betreffenden Bücher entstammen, sind sehr verschieden; immerhin treffen die Abweichungen zumeist nur die eine mittlere Stellung einnehmenden Holzarten; manche Verschiebung ist rein lokaler Natur, durch die Eigenart des Standorts bedingt[7]); überdies ist die exakte komparative Beobachtung äusserst schwierig, weil meist viele Faktoren gleichzeitig wirksam sind. Wir möchten — mit der am meisten Schatten ertragenden Holzart beginnend — folgende Reihe aufstellen: Tanne — Buche — Fichte — Hainbuche, Weymouthskiefer — Linde — Traubeneiche — Esche — Ahorn, Schwarzkiefer — Stieleiche, Ulme — Erle — gemeine Kiefer — Aspe, Birke, Lärche. Zu beachten ist, dass zu den ziemlich viel Schatten ertragenden Holzarten die Weymouthskiefer gehört, welche dadurch und durch ihre Raschwüchsigkeit für manche Spezialfälle waldbau-

---

5) Zu vergl. Zweiter Abschnitt, 2. Kapitel, A, II 1, § 25.

6) Vergl. u. a. G. Heyer, Verhalten der Waldbäume gegen Licht und Schatten, 1852. — v. Fischbach, „Forstwissenschaft", 4. Aufl. 1886 S. 5. — Kraft in Allg. F.- u. J.-Ztg. von 1878, S. 64. — Gayer, „Waldbau", 2. Aufl. S. 33 ff.

7) In dieser Beziehung macht z. B. Gayer auf die erhöhten Lichtansprüche bei kurzer Vegetationsdauer (Gebirg, Norden), dann auf den Einfluss der örtlichen Lichtintensität, die Wirkung häufiger Nebel u. s. w. aufmerksam.

licher Arbeit, wie z. B. Auspflanzen von Schneebruchlücken, alten Wegen u. s. w. besonders geeignet erscheinen kann. Ferner sei nochmals betont, dass die Fichte keineswegs der Buche und noch weniger der Tanne gleichgeordnet werden darf. — Ein allgemeiner Einfluss des Standorts auf die besprochenen Verhältnisse lässt sich dahin erkennen, dass, wie schon angedeutet wurde, auf frischen und reichen Böden die Kronen dichter sind, das Schattenerträgnis durch alle Lebensalter gesteigert erscheint, woraus gefolgert werden kann, dass jedenfalls die Frage der Ernährung mitspielt, wie denn überhaupt die beregten Beziehungen noch lange nicht vollständig geklärt sind. Vgl. Handbuch Bd. I, 181 ff.

Tatsächlich kommen auch von andern Holzarten, als der Tanne, Buche und Fichte, ausgedehnte reine Bestände vor; aber dieselben sind dann entweder Kinder der Not oder auch besonders günstiger Verhältnisse, sehr oft auch eigenartiger wirtschaftlicher Bedingungen. Alle diese Umstände können die grundsätzlich als Ausnahme zu betrachtende Bildung reiner Bestände durch Lichtholzarten gegebenenfalls geradezu als Regel erscheinen lassen. So findet sich insbesondere die gemeine Kiefer auf weiten Flächen in reinen Beständen, jedoch zumeist auf Böden, welche für andere, anspruchsvollere Holzarten nicht mehr taugen, wo man also, um überhaupt Wald zu haben, mit der Kiefer im reinen Bestand zufrieden sein muss. Man befindet sich in einer Zwangslage, aus der man eben niemals herauskommen kann. So lange in solchen Beständen die Moosdecke sich erhält (bei nicht zu hohem Umtrieb), ist die Leistung der Kiefer auch in Rücksicht auf die Bodenkraft eine befriedigende. Die Fälle, in welchen Lichtholzarten, wie gerade nicht selten die gemeine Kiefer, aus wirtschaftlichen (Rentabilitäts-) Gründen rein angebaut werden, sind für unsere Frage zunächst weniger von Interesse. Es mögen nur noch Schwarzkiefer (Wiener Wald), Krummholzkiefer (Hochgebirg, Moore), Erle (nasse Partien), sodann Esche, Eiche (auf kräftigen Böden der Flussniederungen, doch hier meist mit einem Unterholz) als Beispiele dafür aufgeführt werden, dass unter besonderen Umständen Lichthölzer, zumal solche, welche eine mehr mittlere Stellung einnehmen, in reinen Beständen vorkommen. Ueberdies ist der Eichenschälwald als typische Form besonders zu erwähnen, bei welcher der niedrige Umtrieb entscheidend ist. — Anbau von Schutzbeständen (aus Birke, gemeiner Kiefer), sowie Anzucht von reinen Beständen (etwa der Eiche) in der Absicht, sie später zu unterbauen, kommen als nicht dauernd beizubehaltende reine Bestände hier nicht weiter in Betracht.

B. Verhalten der Holzarten untereinander. Gemischte Bestände[8].)

§ 10. 1. Allgemeines. Da, wie wir gesehen haben, nur eine ziemlich kleine Anzahl von Holzarten geeignet ist, für sich allein, d. h. in reinem Bestande, dem Boden den erforderlichen Schutz zu gewähren, da sich aber gerade unter den übrigen, den Lichthölzern, eine Reihe unserer wertvollsten, für die vielseitigsten Verwendungszwecke gesuchten Nutzhölzer befinden, auf deren An- und Nachzucht nicht verzichtet werden kann, so müssen sich den reinen Beständen „gemischte" zugesellen, d. h. solche, welche aus Individuen zweier oder mehrerer Holzarten zusammengesetzt sind, wobei dann die Lichthölzer derart mit Schattenhölzern zusammengebracht werden sollen, dass letztere die Sorge für den Bodenschutz in der Hauptsache übernehmen, während jene, in der Minderzahl, ohne besonderen Nachteil für die Bodenkraft mitwachsen. Die Lichthölzer tragen ja auch ihrerseits, wenn auch in mehr oder weniger bescheidenem Masse, zum Bodenschutz bei, so dass eine geeignete Zusammenordnung von Licht- und Schattenhölzern vollkommen genügt, um die Produktionskraft eines Waldortes dauernd zu sichern. Die zwei grossen Gruppen Licht- und Schattenhölzer gestatten folgende drei Arten von Mischungen: a) Schattenhölzer untereinander, b) Schatten- mit Lichthölzern,

---

8) Vergl. Carl Heyer, „Beiträge zur Forstwissenschaft" II. Heft, 1847 S. 1 ff.

c) Lichthölzer untereinander. Ausserdem sind bezüglich der Mischungen Unterschiede dahin zu machen, ob dieselben bleibend oder vorübergehend sind, ob die einzelnen Holzarten gleichzeitig oder zu verschiedener Zeit auf die Fläche kommen, ob sie gleichalt oder ungleichalterig sind, endlich ob eine gruppen- oder horstweise Verteilung der einzelnen Holzarten beliebt wird, oder ob ein Grundbestand mit Exemplaren einer anderen Holzart in einzelständiger Anordnung der letzteren durchstellt ist.

a) Beispiele vorübergehender Mischungen: 1) Anzucht von Schutzbeständen: Birke, Lärche oder Kiefer auf Blössen behufs Nachzucht von Tanne oder Buche; Kiefer in Untermischung mit Eiche, um letztere durch Seitenschutz gegen Frost zu sichern; — 2) Mitanzucht einer Holzart, welche eine frühe Zwischennutzung abwerfen soll, z. B. Fichte (Weihnachtsbäume!) in Pflanzkulturen zwischen ausländischen Hölzern (Douglastanne. — b) Beispiele ungleichzeitiger Mischungen: 1) Voranbau eines Schutzbestandes, nachfolgendes Einbringen der Hauptholzart; 2) Unterbau von Lichthölzern (Eiche) mit Schattenhölzern. — c) Beispiele ungleichalteriger Mischungen sind unter a und b einbegriffen.

Die Entscheidung darüber, ob reine oder gemischte Bestände herangezogen werden sollen, ist in letzter Linie unter dem Gesichtspunkte der Rentabilität zu treffen. Sofern eine Anzahl kaum entbehrlicher Holzarten im reinen Bestand nicht erzogen werden können, sind, wie bereits hervorgehoben wurde, Mischbestände eine unabweisbare Notwendigkeit. Es könnte sich aber weiterhin die Erwägung aufdrängen, ob nicht auch solche Holzarten, welche vermöge ihres dichten Kronenschlusses zu reinen Beständen taugen, wegen besonderer Vorzüge der Mischbestände allgemein besser in Untermischung mit andern Holzarten angebaut werden würden, so dass die Begründung gemischter Bestände ganz allgemein als Regel hingestellt werden müsste. Solcher Vorzüge passend gemischter Bestände werden in der Tat mehrere angeführt[9]), und zwar wird in der Hauptsache folgendes zu ihren Gunsten geltend gemacht: a) Gemischte Bestände gewähren grössern Schutz gegen gewisse Gefahren, indem die einzelnen Mischholzarten in verschiedenem Masse (manche eventuell gar nicht) bedroht sind und dadurch für den Bestand im ganzen eine höhere durchschnittliche Widerstandsfähigkeit entsteht. Wenn letztere auch nicht selten nur mittelbar der Mischung, zunächst jedoch der durch dieselbe ermöglichten kräftigeren Kronenentwicklung, besserer Gesundheit im allgemeinen u. s. w. zu verdanken ist, so bedeutet doch in sehr vielen Fällen schon die Verschiedenheit der Holzarten an sich eine grössere Sicherheit für den Bestand. Beispiele: Mischung von Laubholz unter Nadelholz als Schutz gegen Feuer, Pilze und Insekten, desgleichen gegen Schneedruck; flach- und tiefwurzelnde Holzarten bilden unter Umständen einen sturmsichereren Bestand als flachwurzelnde allein; frostharte und -empfindliche Holzarten in Mischung zum Schutz der letzteren u. s. w. — b) Gemischte Bestände können die Holzmassen- und Wertsproduktion steigern. Allgemein liesse sich dieser Satz vielleicht aus den verschiedenen Bodenansprüchen der Holzarten, aus der Verschiedenheit ihrer Wurzelbildung (flach- und tiefwurzelnde), ihrer Kronenform, sowie aus den besseren Bodeneigenschaften, welche Lichthölzern im Grundbestande von Schattenhölzern zu gute kommen u. s. w., abstrahieren. Es wird aber gut sein, wenn man sich solcher allgemeiner Folgerung gegenüber zunächst skeptisch verhält und das Ergebnis einer grösseren Anzahl einwandfreier komparativer Untersuchungen abwartet. Einige Erhebungen, welche denselben bestätigen, liegen zwar vor, aber nur in beschränkter Zahl[10]), längst noch nicht genügend, um alle einschlagenden Beziehungen mit Bestimmtheit nachzuweisen. Andererseits haben z. B. neuere Untersuchungen, welche die württembergische forstliche Versuchsstation in Fichten- Buchen- Mischbeständen ange-

9) Vergl. Carl Heyer daselbst S. 22 ff.
10) Carl Heyer a. a. O. S. 35 ff.

stellt hat, um deren Wuchsleistung im Vergleich zu derjenigen reiner Fichten- und reiner Buchenbestände zu erfahren, durchaus keine Ueberlegenheit, sondern teilweise sogar ein nicht unerhebliches Zurückbleiben der Mischbestände ergeben. Zur vollen Klärung der Frage sind noch zahlreiche Aufnahmen nötig. So wäre z. B. auch hinsichtlich einiger, in grösserer Ausdehnung vorkommender Nadelholzmischungen, wie Tanne und Kiefer, Tanne und Fichte, Tanne, Fichte und Kiefer (Schwarzwald, Vogesen), welche offenbar Gutes leisten, der zahlenmässige Vergleich ihrer Massenproduktion mit derjenigen reiner Bestände jener Holzarten auf gleichem Standort noch durch ausgedehnte Untersuchungen zu führen. Nadelhölzer, wie Fichte, Kiefer, Tanne, bilden, in Buchen eingesprengt, erfahrungsgemäss oft besonders bedeutende Dimensionen heraus. Dass übrigens eine Mehrproduktion, wenn sie insgesamt eintritt, wohl wesentlich auf freiere Kronenentwickelung einzelner schneller wüchsiger Bäume im Mischbestande zurückzuführen sein dürfte, während eine Wachstumssteigerung in gleichalterigen, gleichhohen Beständen durch die Mischung allein kaum oder doch nur in beschränktem Masse verursacht werden möchte, hat Wagener[11]) hervorgehoben. — c) Gemischte Bestände dienen zur Verminderung der Betriebsklassen. Dies geschieht einmal dadurch, dass sie eine einheitliche Schlagordnung (normale Altersstufenfolge) gestatten, wo sonst, wenn man von jeder Holzart jährlich einen Ertrag haben möchte, ebensoviele selbständige Schlagordnungen nötig wären, als Holzarten vorhanden sind (bei kleiner Gesamtfläche insbesondere ganz undurchführbar); sodann dadurch, dass innerhalb gewisser Grenzen ein Ausgleich der Umtriebszeiten im Mischbestande möglich erscheint; Verschiedenheit der Umtriebszeit wäre sonst ein zwingender Grund für Ausscheidung besonderer Betriebsklassen der einzelnen Holzarten. Beispiele: Kiefer für sich mit 60jährigem, Buche, für sich mit 100jährigem Umtrieb zu behandeln, lassen sich unter Umständen in der Mischung, in welcher die Kiefer an sich länger aushält und insbesondere ein besserer Bestandesschluss als im reinen Kiefernbestand bewahrt bleibt, zu einem mittleren Umtrieb von 80 Jahren vereinigen. Es kommt hinzu, dass manche Holzarten gar nicht in solcher Masse auf dem Markte begehrt werden, als dass es sich lohnen würde, durch reine Bestände den Bedarf nachhaltig decken zu wollen, während man dieselben andererseits doch im Handelsverkehr nicht ganz entbehren kann (Ahorn, Linde, Elsbeere u. s. w.). -- d) Die Mischung verschiedener Holzarten kann ein Mittel bieten zur Herbeiführung rasch und regelmässig verlaufender Streuzersetzung, wie sie im Gegensatz zur Anhäufung von mehr oder weniger toten Humusmassen erwünscht ist. Denn die Art der Zersetzung (Umfang, Raschheit derselben) ist beim Laub bezw. den Nadeln verschiedener Holzarten eine wesentlich verschiedene, und es leuchtet ein, wie günstig es wirken kann, wenn leicht und rasch zersetzbare Streumengen zu widerstandsfähigeren hinzutreten. Leicht zersetzbar ist z. B. das Laub von Esche, Ahorn, Hainbuche, sind die Nadeln von Weymouthskiefer und Douglasfichte. — e) Gemischte Bestände tragen unzweifelhaft zur Verschönerung der Gegend bei.

Diesen Vorzügen stehen aber doch manche nicht unerhebliche Bedenken gegenüber: a) Selbst wenn wirklich allgemein die Mischung eine Massenproduktionssteigerung bedingen würde, müsste von derselben abgesehen werden, falls die Gesamtwertserzeugung des Bestands dadurch eine beschränktere würde, dass geringwertige Holzarten (z. B. Buche) einen Teil der Stellen einnehmen, an welchen höherwertige (Nutzhölzer, wie Fichte, Tanne etc.) stehen könnten. Es ist freilich in vielen Fällen fraglich, ob diejenige Holzart, welche heute die vorteilhafteste ist, dauernd den Vorzug verdienen wird, oder ob ihr eine andere nicht in Zukunft den Rang ablaufen wird.

---

11) Vergl. Wagener, „Waldbau" S. 141 ff.

Im allgemeinen wird aber jedenfalls das Nutzholz dem Brennholz überlegen bleiben, so dass es recht wohl verständlich ist, wenn man sich insbesondere gegen eine irgend erhebliche Beimischung der Buche zu schattenertragenden Nadelhölzern (Tanne, Fichte) ablehnend verhält. — b) Gemischte Bestände verursachen, in Absicht auf Forsteinrichtung, Bestandesbegründung und -erziehung, Holzernte u. s. w. manche Wirtschaftserschwerung. Wohl hauptsächlich aus letzterem Grunde, der, selbst wenn die Tatsache an sich richtig ist, niemals für die Wahl des Wirtschaftsverfahrens allein entscheidend sein darf, finden sich gemischte Bestände längst noch nicht in der für sie von einer Mehrzahl von Forstwirten gewünschten Verbreitung. Dass reine Bestände dann, wenn die *eine* Holzart örtlich unzweifelhaft die tauglichste, bezw. vorteilhafteste ist, den Vorzug verdienen, bedarf keiner nochmaligen Hervorhebung.

In solchen gemischten Beständen, in denen zwei oder mehrere Holzarten nicht zu annähernd gleichen Teilen vertreten sind, sondern eine Holzart entschieden überwiegt, bildet diese, die wohl auch als die herrschende bezeichnet wird, den sog. Grundbestand, während die andern Holzarten als beigesellte oder Nebenholzarten erscheinen. Diese Unterscheidung bezieht sich zunächst nur auf Häufigkeit des Vorkommens im Bestande. An Wertsleistung und damit auch an Bedeutung für den Effekt der Wirtschaft ist die beigesellte, in der Minderheit vorhandene Holzart nicht selten der Grundholzart überlegen, so dass sie eigentlich zur führenden, zur Hauptholzart wird. Insbesondere gilt dies von den Mischungen der Rotbuche mit Nutzhölzern.

2) *Allgemeine Regeln für die Anlage gemischter Bestände*

§ 11. Voraussetzung ist, dass die Holzarten an sich für den betreffenden Standort passen.

a) Den Grundbestand der Mischung muss eine schattenertragende Holzart bilden, d. h. eine solche, welche in dem in § 9 angegebenen Sinne die Bodenkraft erhält. — b) Werden Schattenhölzer mit einander gemischt, so müssen sie entweder gleichen Höhenwachstumsgang haben, oder es muss die langsamer wüchsige einen Vorsprung besitzen oder durch wirtschaftliche Massregeln (Freihieb) geschützt werden. Bei allen Mischungen ist natürlich die relative Beteiligung der verschiedenen Holzarten von Belang. Es ist z. B. sehr viel leichter, eine geringere Zahl von Exemplaren der rascher wüchsigen Fichte im Buchengrundbestande hoch zu bringen als umgekehrt wenige Buchen im Fichtengrundbestande. — c) Schattenhölzer und Lichthölzer taugen nur dann zu einer Mischung, wenn die letzteren dauernd die ersteren überragen, was dann geschieht, wenn sie entweder rascher in die Höhe gehen als die Schattenhölzer oder, im Falle gleicher oder gar geringerer Höhenentwickelung, einen entsprechenden Altersvorsprung vor diesen haben.

Zur Erläuterung der Sätze b und c sei darauf hingewiesen, dass keine einzige Holzart — auch die Schattenhölzer nicht — bei andauernder Ueberschirmung sich gut zu entwickeln vermag. Mindestens muss der Gipfel schirmfrei sein, d. h. frei zum Luftraum hinaufschauen, ohne dass die Aeste von Nachbarn über ihn hereinragen. Wenn auch ausgesprochene Schattenhölzer, wie in erster Linie die Tanne, selbst durch eine länger dauernde, mehr oder minder intensive Beschirmung noch nicht geradezu zum Absterben gebracht werden, so ist ihr Wuchs doch unter solchen Verhältnissen ein kümmerlicher. Dabei finden sich naturgemäss nach Holzart, Beschaffenheit des Individuums, Alter, Standörtlichkeit, Mass und Zeitdauer der Ueberschattung u. s. w. die mannigfaltigsten Abstufungen. Lichthölzer sind in dieser Hinsicht sehr viel empfindlicher. Dies liegt schon im Begriff des Lichtholzes. Bei extremen Lichthölzern (Lärche) genügt es zur freudigen Entwickelung keineswegs, wenn ihr Gipfel freien Himmelsraum über sich hat, sondern sie verlangen dazu auch, dass ihre Krone, oder doch wenigstens deren oberer Teil, seitlich nicht beengt ist. Im allgemeinen sind die einzelnen Holzarten in dieser Hinsicht in derselben Reihenfolge anspruchsvoller, in welcher sie im § 9 bezüglich ihres Schattenerträgnisses aufgeführt

sind. Beides deckt sich selbstverständlich. Jedenfalls ist dieses verschiedene Verhalten bei der Frage nach der Mischungsmöglichkeit in erster Linie zu beachten. Die Möglichkeit der Mischung ist auch wesentlich von dem relativen Höhenwachstum der Holzarten abhängig, d. h. davon, wie sich durchschnittlich die Höhenentwickelung einer Holzart zu derjenigen einer anderen Holzart vollzieht. Jede Holzart hat ihre (namentlich durch den Beginn des raschen Ansteigens, sowie durch die Lage des Wendepunktes in der Jugend und dann des Kulminationspunktes im späteren Alter) besonders charakterisierte Höhenkurve; die absoluten Werte der Ordinaten ändern sich innerhalb der nämlichen Holzart nach dem Standort, der Waldbehandlung u. s. w., während das relative Verhalten, trotz der mit wechselnder Standortsgüte sich verschiebenden Lagerung der charakteristischen Kurvenpunkte, namentlich des Maximums, doch ungefähr das gleiche bleibt (cfr. II. 3 dieses Abschnittes S. 421). Wird eine Holzart von einer anderen überwachsen, so wird sie dadurch meist (Beschattung, Entzug der Niederschläge etc.) geschädigt, kann jedoch auch, vorübergehend wenigstens, (durch Schutz gegen Frost, Hitze) in ihrer Entwickelung gefördert werden, letzteres aber nur, wenn die überwachsende Holzart nicht zu massenhaft beigemengt und nicht zu dichtkronig ist, weil anderenfalls die schädigenden Einflüsse überwiegen. Ueberdies ist ein solcher Schutz meist nur in der Jugend von Belang. Namentlich wenn gleichzeitige, bezw. gleichalterige Mischungen beliebt werden, ist in erster Linie die Höhenentwickelung im jugendlichen Alter entscheidend. Eine Lichtholzart verträgt, wie schon angeführt wurde, dauernde Ueberwachsung in keinem Falle, am allerwenigsten durch eine Schattenholzart, während umgekehrt der lockere Kronenschirm nicht zu zahlreicher Lichthölzer (wie Lärche, Birke) einem Schattenholz die normale Entwickelung nicht notwendig benimmt. Seitenlicht (Bestandesränder, Steilhänge) wirkt modifizierend.

d) Lichtbedürftige Holzarten sind zu dauernden Mischungen nicht zu verbinden. Folgt aus a. Ausnahmen ergeben sich in den nämlichen Fällen, in welchen auch reine Bestände aus Lichthölzern unbeanstandet bleiben (cfr. S. 421). — e) Die Mischung kann, je nach Umständen, eine gruppen- und horstweise oder eine Einzelmischung sein.

Man spricht von Einzelmischung, wenn Einzelexemplare verschiedener Holzarten oder je nur ganz wenige derselben in der Zusammenordnung zum Bestand mit einander abwechseln oder die Exemplare einer Holzart einzeln in dem durch eine andere Holzart gebildeten Grundbestande eingesprengt sind. Treten dagegen die einzelnen Holzarten je in einer Mehrzahl von Exemplaren zusammen, bilden also für sich Gruppen oder (bei grösserer Flächenausdehnung dieser Verbände) Horste, und setzen dann im wesentlichen solche Verbände je der gleichen Holzart in Abwechselung die Bestände zusammen, so hat man die gruppen- oder horstweise Mischung. Gruppe und Horst gehen in einander über, eine für alle Fälle bestimmte Grösse der Fläche als Grenze für beide lässt sich nicht angeben. Man könnte, wenigstens bei Lichthölzern, vielleicht die Gruppe im Gegensatz zum Horste dann noch als gegeben ansehen, wenn im Alter der beginnenden natürlichen Lichtstellung vom umgebenden Bestandesrand her noch eine für den Boden genügende Beeinflussung (Laubabfall, Beschattung) bis zur Mitte der betr. Fläche hin stattfindet, während man einen Horst hat, sobald die bodenschützende Wirkung des Grundbestandes sich nicht mehr auf die ganze Fläche erstreckt.

Eine allgemein bindende Regel soll in Beziehung auf die Unterscheidung ad e nicht aufgestellt werden. Heyers Waldbau verlangt (4. Aufl. S. 56) Einzelmischung, während viele neuere Waldbauschriften (z. B. Gayer)[12]) mehr für gruppen- und horstweise Mischung eintreten. Bei Beantwortung der Frage, ob man reine oder gemischte Bestände vor sich habe, also bei der Definierung dieser beiden Bestandesarten, muss grundsätzlich daran festgehalten werden, dass ein Mischbestand im strengen Sinne des Wortes eigentlich nur dann vorliegen würde, wenn durchgängig in obigem Sinne Einzelmischung vorhanden wäre. Bestände, in welchen in der Hauptsache Einzelbäume, bezw. an deren Stelle auch wohl kleine Gruppen der verschiedenen Holzarten in Untermischung stehen, finden sich z. B. bei Tanne und Fichte. So oft eine Lichtholzart mit in Konkurrenz tritt, ist das Verhalten in der Regel so, dass man einen mehr oder minder zusammenhängenden Grundbestand der Schattenhölzer hat, in welchem die Lichthölzer verteilt sind, und nun kommt es darauf an, ob diese Verteilung (künstlich oder durch die Natur) so bewirkt ist, dass die Individuen der

---

12) Gayer, „Waldbau" und dessen „Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbes. durch Horst- und Gruppenwirtschaft", 1886.

Lichtholzart zumeist in Gruppen und Horsten zusammenstehen oder als Einzelexemplare auftreten. Horste, ja selbst Gruppen (also kleine Horste) einer beigesellten Holzart sind, genau genommen, nichts als reine Bestände, mithin treffen für sie a priori alle die für solche geltenden Sätze zu, nur dadurch modifiziert, dass von den Rändern des Horsts her der Einfluss des umgebenden Holzes sich auf eine gewisse Erstreckung hin geltend macht. Namentlich wäre ein grösserer Horst aus Lichthölzern zunächst ebenso bedenklich, wie ein reiner Bestand aus solchen. Diese Erwägung führt zu Einzelmischung. Aber es ist zu beachten, dass letztere die Bestandeserziehung erschwert, indem man die einzeln eingesprengten Beiholzarten nicht so leicht im Auge behalten kann, als dies bei horstweiser Anordnung derselben möglich ist[13]). Die Lichthölzer werden von den Schattenhölzern immer mehr oder weniger bedrängt. Hat man Lichtholzgruppen und -Horste, so haben nur die Randstämme derselben den Kampf zu bestehen, während die Bäume in deren Innerem sich nur mit ihresgleichen abfinden müssen. Sofort aber ist zu erwägen, ob der bodenschützende Einfluss des umgebenden Grundbestandes sich bis in die Mitte der betr. Fläche erstreckt, oder ob nicht für letztere noch besondere Mittel zur Bewahrung der Bodenkraft (Unterbau) erforderlich werden. Die kleinere Gruppe kann derselben wohl entraten; aber sobald man mit Horsten operiert, löst sich das Ganze unzweifelhaft in einen Komplex aus einzelnen reinen Beständen auf, für welche nur an den Rändern die Bedingungen des Mischbestandes noch als vorhanden eingeräumt werden können. Die ganze Frage wird eigentlich vom Standort entschieden. Man sollte — soweit sich dies mit der Uebersichtlichkeit der Wirtschaft, einem Betrieb in grossem Zuge, der manchen Vorteil bietet, verträgt — grundsätzlich auf jedem (kleinen oder grossen) Waldbodenteil diejenige Holzart erziehen, welche für ihn am besten passt, bezw. auf ihm am besten rentiert. Freie Wahl hätte man hiernach also nur auf Böden, welche durchgängig gleichartig sind und mehrere Holzarten zulassen. Hier kann man mischen oder (Schattenhölzer) rein anbauen, man kann Einzelmischung oder horstweise Anordnung wählen, und hier würde ich die Einzelmischung im allgemeinen vorziehen. In sehr vielen Fällen, und vorab fast stets im Hügelland und Gebirg, also wohl auf dem grösseren Teil unserer gesamten Waldbodenfläche, wechselt aber die Standortsgüte, oft innerhalb der einzelnen Waldabteilung (Mulden, Rücken etc.), und will man auch nicht jeden einzelnen kleinen Unterschied berücksichtigen, so muss doch eine sorgfältige Begutachtung der Bodenproduktionsfähigkeit in dem Masse gefordert werden, dass man nicht grössere in sich nicht gleichartige Flächenteile gleichwohl mit Gewalt als einheitliche Ganze bewirtschaftet, sondern bessere Partien den anspruchsvolleren Holzarten (z. B. tiefgründige, frische Böden der Eiche) zuweist, diese dagegen von geringeren Partien (steinigen, trockenen Köpfen u. s. w.) fern hält. Wie weit man bei solcher Ausscheidung in's Detail arbeiten soll, lässt sich nicht allgemein bestimmen. Jedenfalls aber geht dadurch die Einheitlichkeit des Bestandes innerhalb des einzelnen Waldteiles verloren und der Gesamtbestand gestaltet sich zu einer Anzahl von Einzelbeständen, die in sich gleichartig (reine Bestände, event. mit Unterbau), aber auch wieder Mischbestände sein können. Es kann sich im einzelnen naturgemäss eine grössere oder geringere Mannigfaltigkeit ergeben, je nachdem man der einen oder anderen der dabei auftretenden Erwägungen (sorgsamste Ausnutzung jeder kleinen Bodenverschiedenheit, Zersplitterung der Wirtschaft, Schwierigkeit der Forsteinrichtung etc.) das grössere Gewicht beimisst. In den meisten Fällen wird Vermeidung der Extreme im Interesse der Wirtschaft (wenigstens bei grossem Waldbesitz) gelegen sein.

3) Spezielle Regeln:

§ 12) a) Schattenhölzer untereinander:

1) Tanne und Fichte: Die Tanne, in der Jugend langsamer wüchsig, wird von der Fichte überholt, kommt aber wieder nach, falls die Fichte nicht zu zahlreich. Sehr gute Mischung[14]), die bei natürlicher Verjüngung wieder erscheint, wenn durch Reduktion der Fichten auf eine geringere Zahl, sodann durch Dunkelhalten des Samenschlags (so dass der Fichtenanflug zunächst wieder vergeht, während sich die Tanne hält) die Tanne vorerst begünstigt wird (vergl. auch 3. Abschn. 1. Kap. I). — 2) Tanne und Buche: Die grössere Nutzfähigkeit der Tanne verlangt besondere Rücksicht für diese;

13) Durch regelmässige Verteilung etwa in Reihen oder dergl. lässt sich übrigens manchmal, wenn auch keineswegs immer, helfen.

14) Z. B. in vielen Revieren des Schwarzwaldes. Die Mischung ist daselbst meist eine gruppen- und horstweise, wie dies durch den Gang der Verjüngung bedingt ist.

sie soll herrschende Holzart sein und ist, namentlich auf der Buche behagendem Standort, in der Jugend vor der Buche zu schützen. Bei der Verjüngung ist zunächst nur auf Tanne zu wirtschaften und erst, wenn deren Nachwuchs gesichert ist, die für die junge Buche nötige lichtere Stellung zu geben. Grössere Sicherheit der mit Buche durchstellten Tannenbestände gegen Stürme! — 3) Buche mit Fichte: Auch hier ist die Buche an sich die minderwertige Holzart. Sie wird von der Fichte bald überholt und bei reichlicher Beimischung derselben in eine mehr untergeordnete Stellung gedrängt. Will man die Buche gleichwertig erhalten (wozu aber nicht oft ein Grund vorliegen dürfte), so muss sie an Zahl überwiegen. Im allgemeinen wird es, auch mit Rücksicht auf den Boden etc., genügen, wenn die Buche in der Zusammenordnung mit Tanne oder Fichte oder mit beiden etwa $^1/_4$—$^1/_5$ der Bestandesmasse ausmacht und zwar mehr in Gestalt eines Zwischen- und Füllholzes, weniger als herrschender Stamm. — 4) Tanne, Fichte und Buche: Treffliche Mischung, wenn Tanne und Fichte überwiegen. (Wo die Buchenbrennholzpreise besonders hoch stehen, oder sich für Buchennutzholzverwendung ausnahmsweise günstige Gelegenheit bietet, kann man der Buche in der Mischung selbstredend mehr Raum gönnen.) Bei der Verjüngung entscheidet, falls die Mischung erhalten bleiben soll, zunächst wieder die für die Tanne geeignete dunkle Schlagstellung.

b) Schatten- und Lichthölzer:

1. Tanne als herrschende Holzart: Charakteristisch ist, dass die Tanne anfänglich von allen Lichthölzern überwachsen wird, denselben aber im Stangenholzalter (früher oder später) vielfach (besonders Laubhölzern) wieder nachkommt, ja viele von ihnen erheblich überwächst. Gleichalterige Mischungen der Tanne mit lichtbedürftigen Laubhölzern, wie Eiche, Esche, Ahorn finden sich in den Haupttannengebieten von Natur kaum anders als so, dass diese Holzarten einzeln da und dort eingesprengt sind, oder so, dass die gleichzeitig beigesellte Buche gewissermassen die Vermittelung übernimmt. Jene Mischung planmässig herbeizuführen, liegt meist kein Grund vor. — Dagegen kann sich wirtschaftlich sehr empfehlen[15]) die Mischung der Tanne mit der Kiefer, welche insbesondere den höheren Tannenumtrieb meist trefflich aushält und dabei besonders wertvolle Stämme herausbildet. — Tanne mit Lärche insofern bedenklich, als es im geschlossenen Bestande oft nicht gelingt, der lichtbedürftigen Lärche, welche selbst seitliche Bedrängung übelnimmt, den erforderlichen Vorsprung dauernd zu wahren. — Tanne und Birke nur insolange zulässig, als die vorwüchsige Birke die Gipfel der Tanne nicht beschädigt (event. Schneitelung der Birke).

2. Fichte als Grundbestand: Die Fichte verhält sich im allgemeinen ähnlich wie die Tanne, geht nur von vornherein rascher in die Höhe und bedarf deshalb in der Jugend nicht in dem Masse, wie die Tanne, der Unterstützung im Kampf mit anderen Holzarten. Fichte mit Kiefer meist gut. Bei gleichzeitiger Mischung der Fichte und Kiefer muss aber, falls man nicht demnächst einen Kiefernbestand mit Fichtenunterwuchs haben will, die Fichte an Zahl beträchtlich vorherrschen. Je nach dem Standort ist die Gefahr für die Fichte grösser oder geringer (auf trockenen Böden bleibt die Fichte rascher zurück). Die von der Kiefer nicht völlig unterdrückten Fichten holen auf besseren Böden die Kiefer später wieder ein, zumal bei erhöhtem Lichtgenuss, wie z. B. infolge Schneebruchs. Bislang völlig zurückgebliebene Fichten erweisen sich dann oft noch als sehr entwickelungsfähig, indem sie in die entstandenen Lücken einwachsen. — Fichte mit Lärche oft fast noch zweifelhafter wie Tanne mit Lärche, weil die Fichte der Lärche rascher nachdrängt. Bei räumlicherer Bestandesstellung und im Genusse reichlichen Seitenlichtes (höhere Gebirgslagen, steile Hänge) gelingt es der Lärche eher, ja oft sehr gut, sich zu behaupten, insbesondere, wenn sie der Fichte reichlich beigesellt ist. — Fichte mit Birke, wie Tanne mit Birke. — Desgleichen Fichte mit Eiche, Esche, Ahorn, Ulme etc. Will man, um in einem Fichtengebiet genügende Mengen von Eichenholz zu erziehen, etwa Fichte und Eiche in Mischbeständen haben, so empfiehlt sich Einbringen der Eiche in Horsten bezw. flächenweise Sonderung.

3. Buche als Grundbestand: Dieselbe ist für die meisten lichtkronigen Laubhölzer die gegebene, ebenso aber auch für Kiefer und Lärche eine treffliche Mischholzart, welche durch ihre schirmende Krone und ihren Laubabfall auf den Boden in hervorragendem Masse günstig wirkt. Nur muss man sorgen, dass die Lichthölzer, falls sie nicht entschieden rascher wüchsig sind als die Buche, von letzterer nicht bedrängt (seitliche Beengung der

15) Z. B. Oberförsterei Wasselnheim — Elsass.

Krone ist oft schon verderblich) oder gar überwachsen werden. In Untermischung mit der Buche zieht man die Halbschattenhölzer Hainbuche, Linde am besten. Sodann werden Ahorn, Esche, Ulme, Birke, Aspe etc., vor allem aber die Eiche zweckmässig mit der Buche zusammengebracht. Ahorn kann in der Jugend recht vordringlich werden und ist dann, wenn die Buche nicht zu sehr zurücktreten soll, zu reduzieren; Esche und Ulme in grosser Zahl sind (wegen des besonders wertvollen Holzes) meist nur erwünscht, der Mischung der Buche mit Esche und Ahorn kommt örtlich (z. B. in der schwäbischen Alb) besondere Wichtigkeit zu; Birke und Aspe dürfen mit Rücksicht auf Bodenschutz und Massenproduktion nicht in grösserer Menge und jedenfalls nicht in grösseren Gruppen oder gar Horsten vorkommen. — Von hervorragender Bedeutung ist die Mischung der Buche und Eiche, und zwar handelt es sich hier zunächst um (wenigstens annähernd) gleichalterige Mischung (Unterbau der Eiche ist später, 3. Abschn. 5. Kapitel besprochen). Ob Eiche oder Buche vorwüchsig ist, lässt sich zwar nicht ganz allgemein angeben[16]), doch ist in dieser Hinsicht der schon S. 421 berührte Unterschied zwischen Stieleiche und Traubeneiche zu beachten; der, ausweislich zahlreicher Beobachtungen[17]), mehr Schatten und Seitendruck ertragenden, anspruchsloseren, schnellwüchsigeren und durch bessere Schaftbildung (vielleicht infolge der kräftigeren Endknospe) gekennzeichneten Traubeneiche wird die Konkurrenz mit der Buche leichter. Immerhin wird allgemein die Eiche, auch wenn in der Jugend vorwüchsig, von der Buche im Stangenholzalter oft eingeholt und so hart bedrängt, dass einzeln stehende Exemplare sich im umgebenden Buchenbestande nur zu halten vermögen, wenn ihnen durch Freihieb seitens der Wirtschaft ausgiebigste Hilfe gewährt wird. Letztere muss schon im Gertenholzalter einsetzen und durch alle Lebensalter des Bestandes andauern: eine im grossen Betrieb sehr weitgehende Forderung, welcher nicht ohne oft beträchtliche Kosten, jedenfalls aber nur bei grösster Aufmerksamkeit und Ausdauer des Wirtschaftspersonals genügt werden kann. Horstweises Einbringen der Eiche (Horste von beträchtlicherem Umfang am meisten empfohlen) in Gestalt des Vorbaus (am besten durch Saat), so dass die Eiche einen entsprechenden Höhenvorsprung hat, sichert deren Heraufwachsen inmitten des später sich ringsum einstellenden Buchenaufschlags; man kommt dann aber, wie schon oben S. 431 betont wurde, zu reinen Beständen, welche demnächst unterbaut werden müssen[18]).

c) Lichthölzer unter einander:

Besondere Fälle sind z. B. Birke, Eiche etc. eingesprengt in die Kiefernbestände auf Sandböden, wo man sich, um überhaupt etwas Laubholz zu erziehen, mit dieser an sich zweifelhaften Mischung begnügen muss. Sodann: Erle mit Esche, auch Birke (bes. Betula pubescens) etc. auf nassen Standorten u. a. m.

Bestände aus Kiefer und Eiche in der Form abwechselnder breiter Streifen aus den beiden Holzarten sind füglich als entsprechend viele schmale reine Bestände zu betrachten. Die Eichenstreifen, welche meist höheres Alter erreichen sollen, müssen unterbaut werden.

C. Holzartenwechsel.

§ 13. Ist es für die Erzielung dauernd höchster Ertragsleistung notwendig, nach Abtrieb eines Bestandes, also etwa von Umtrieb zu Umtrieb, mit der Holzart zu wechseln? Da die Holzarten verschiedene Ansprüche an die Mineralbestandteile des Bodens machen, so läge der Gedanke nahe, ob nicht durch regelmässigen Holzartenwechsel in dem Sinne, wie die Landwirtschaft einen Fruchtwechsel eintreten lässt, von einem bestimmten Boden dauernd die höchstmöglichen Erträge an Forstprodukten erzielt werden

16) Ed. Heyer (cfr. u. a. Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen, Novbr. 1886) führt das tatsächlich oft raschere in die Höhe wachsen der Eiche gegenüber der Buche auf die geringere Empfindlichkeit der Eiche gegen Frost, bezw. das bessere Ueberwinden der Frostschäden zurück; in frostfreier Lage (Nord-, Westhänge) sei die Buche in der Jugend vorwüchsig.

17) Cfr. u. a. Ney in „Aus dem Walde" Nr. 49 von 1899.

18) Vergl. Gayer, „Die neue Wirtschaftsrichtung in den Staatswaldungen des Spessarts" 1884.

könnten. Vorausgesetzt, dass die hierbei für einen konkreten Fall etwa in Wahl kommenden Holzarten im übrigen wirtschaftlich gleichwertig wären, liesse sich gegen einen solchen Wechsel an sich nichts einwenden. Aber einmal ist diese Voraussetzung in den weitaus meisten Fällen nicht zutreffend, und sodann ist der Wechsel der Holzart als Regel mindestens keine Notwendigkeit, weil — bei einer den Boden sorgsam pflegenden Wirtschaft — durch den relativ sehr geringen und je nur in langen Zeiträumen erfolgenden Entzug an Mineralstoffen keine so weit gehende Schwächung der Bodenkraft stattfindet, dass bei wiederholter Anzucht der gleichen Holzart ein Nachlassen im Ertrag oder gar völliges Versagen zu befürchten wäre. Wo freilich die nötige Bodenpflege fehlt, wo insbesondere rücksichtslose Streunutzung, unbedachte Verlichtung der Bestände u. s. w. das fernere Gedeihen einer irgend anspruchsvollen Holzart zweifelhaft machen, da kann die Vermittelung einer minder begehrlichen Holzart angerufen werden müssen. Derartige durch eine Notlage herbeigeführte Holzartenwechsel lassen sich vielfach nachweisen. Ebenso tritt in vielen Fällen eine wertvollere Holzart an Stelle einer minderwertigen (Umwandlung von Buchenorten in Nadelholz), ein Vorgang, welcher stets gerechtfertigt ist, wenn damit unzweifelhaft eine dauernd höhere Rentabilität des Waldes herbeigeführt wird. Auch Gründe des Forstschutzes (Wildschaden, Schnee, Insekten etc.) können da und dort einen Holzartenwechsel, zumal den Uebergang von reinen zu gemischten Beständen, rätlich erscheinen lassen. Solche und ähnliche, durch Rücksichten der Wirtschaftlichkeit und den ungestörten Verlauf des Forstbetriebs gebotene besondere Massnahmen sind immerhin nicht geeignet, einen Holzartenwechsel, den übrigens auch die Natur nicht oder nur ausnahmsweise vollzieht, als Regel zu empfehlen. Nicht unbeachtet darf bleiben, dass Mischbestände allgemein als geeignetes Mittel gegen einseitige Inanspruchnahme der Bodenkraft angesehen werden müssen. Ueberdies kann die Frage erhoben werden, ob nicht auch im Walde, in analoger Weise wie im Landwirtschaftsbetriebe, mit künstlicher Düngung nachgeholfen werden sollte. Tatsächlich ist man dieser Frage in neuester Zeit näher getreten, indem man die Düngung nicht mehr auf die Saat- und Pflanzbeete der Forstgärten beschränkte, sondern sie auch, wenigstens versuchsweise, auf Kulturflächen des freien Waldes, in Gerten- und Stangenhölzern angewendet hat. Nur planmässig eingeleitete Versuche grösseren Umfanges und unter verschiedenartigen Verhältnissen können uns die notwendigen Aufschlüsse gewähren; den forstlichen Versuchsanstalten ersteht damit ein neues weites Arbeitsfeld.

IV. Wirtschaftliche Bedeutung der Holzarten[19]).

§ 14. Zur Erreichung der in der Einleitung kurz skizzierten Ziele aller waldbaulichen Operationen sind die einzelnen Holzarten in sehr verschiedenem Masse geeignet. Ihre wirtschaftliche Bedeutung beruht hauptsächlich auf der Massen- und Wertserzeugung, letztere bedingt durch die Verhältnisse des Holzmarktes, ferner auf der Arbeitsgelegenheit, welche eine Holzart bietet, auf ihrem Verhalten gegen den Boden, auf der Art der Betriebsführung, bezw. Wirtschaftseinrichtung, soweit dieselbe durch die Holzart beeinflusst ist, auf der Art und dem Umfang gewisser an sie geknüpfter Nebennutzungen, auf ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Gefahren, sowie endlich auf ihrer Tauglichkeit, bestimmten besonderen Anforderungen (Schutzwald u. dergl.) zu genügen.

1. Massen- und Wertserzeugung: Für die auf der Massen- und Wertserzeugung beruhende Wertschätzung einer Holzart entscheidet in erster Linie deren

19) Zu vergleichen: Weber, „Die Aufgaben der Forstwirtschaft“ (Handbuch I), insbes. § 32 ff. (S. 72 ff.) „Die Forstwirtschaft vom privatwirtschaftlichen Gesichtspunkte aus betrachtet“.

Verbreitungsgebiet. Es gibt Holzarten, welche schon vermöge ihres ausgedehnten Vorkommens den Markt beherrschen und dadurch anderen, die nur in beschränktem Umfange an der Bestockung unserer Waldungen teilnehmen, an Bedeutung weit überlegen sind. Besonders wertvolle Eigenschaften und dementsprechend hoher Preis werden eben doch immer nur in Verbindung mit der Masse wirksam; das grösste Produkt aus Masse mal durchschnittlicher Preis der Masseneinheit ist ausschlaggebend. Von den in Deutschland heimischen Holzarten sind Kiefer, Buche, Fichte die verbreitetsten. Oertlich (auf grösseren oder kleineren Einzelgebieten) sind die Verhältnisse sehr verschieden. Hie und da tritt die Weisstanne, auch wohl die Eiche, stark in den Vordergrund[20].

Ganz Deutschland hat (auf rund 14 Mill. ha Wald = fast 26% der Gesamtfläche) etwa 66% Nadelholz und 34% Laubholz. Hieraus erhellt die grössere Bedeutung des Nadelholzes für die deutsche Forstwirtschaft. Erwägt man weiterhin, dass fast 43% der Kiefer und 23% der Fichte und Tanne (Tanne gegen die Fichte erheblich zurücktretend) zufallen, während die sonstigen Nadelhölzer (Lärche, Arve etc.) nur mit verhältnismässig kleinen Beträgen beteiligt sind; bedenkt man ferner, dass vom Laubholz ca. 14% dem Buchenhochwald, etwa 7% der Eiche (Hochwald und Schälwald), 6% dem Mittelwald gehören, so ergibt sich, wie — zunächst lediglich der grossen Verbreitung und demgemäss Massenerzeugung wegen — die Kiefer, Fichte, Buche im allgemeinen geradezu als führende, als Hauptholzarten, bezeichnet werden dürfen; Tanne und Eiche schliessen sich ihnen an, die übrigen spielen in der Gesamtheit des deutschen Waldes eine mehr untergeordnete Rolle, obwohl natürlich örtlich, je nach den besonderen Standorts- und sonstigen Verhältnissen, bald die eine, bald die andere derselben mehr in den Vordergrund tritt, ja die Führung übernimmt.

Besondere Erwähnung verdient an dieser Stelle die örtlich grosse Verbreitung der Schwarzkiefer, welche in Niederösterreich (bes. in den Kalkbergen des Wiener Waldes) auf etwa 80000 ha die Bestände bildet, in diesem Kronland rund $^1/_8$ des Gesamtwaldes ausmachend.

Die Massenerzeugung ist absolut, die Wertsbildung stets relativ zu bemessen, d. h. letztere ist abhängig nicht nur von der tatsächlichen Brauchbarkeit einer Holzart für einen gegebenen Verwendungszweck, sondern von dem Marktpreis derselben, welcher wesentlich durch das Verhältnis von Angebot und Nachfrage bedingt ist. Alle Preisbestimmungsgründe kommen dabei in Betracht, insbesondere wird die Konkurrenz der Surrogate (Kohle, Torf etc. für Brennholz, Eisen, Steine für Bauholz) wirksam[21]. Bekanntlich haben sich die Bedingungen des Holzmarktes in den letzten Jahrzehnten bedeutend verändert: Nutzholzwirtschaft im Gegensatz zur Brennholzerzeugung ist die Losung der waldbaulichen Produktion[22], was gleichbedeutend ist mit der relativ hohen Wertschätzung und dementsprechend immer weiter schreitenden Ausdehnung des Gebietes der ausgesprochenen Nutzholzarten im Vergleich namentlich zur Buche, welche als spezifische Brennholzart mehr und mehr an Terrain verliert und im raschen Verlauf des Umwandlungsprozesses wohl noch viel weiter zurückgedrängt werden würde, wenn nicht ihre trefflichen Eigenschaften, vorab in bezug auf die Bewahrung der Bodenkraft, die Einbusse, welche sie am Holzwert erlitten hat, wenigstens zum Teil zu paralysieren berufen wären. Eine Holzart, welche mit der grössten Wahrscheinlichkeit dauernd ihren Wert auf dem Holzmarkte bewahren wird, weil ihre Nutzholzqualität unbezweifelt ist und bleiben wird, ist die Eiche; auch Esche und die sonstigen edlen

20) Cfr. u. a. die Erörterungen in Borggreve's Holzzucht S. 35 ff. Im übrigen gibt die Statistik der einzelnen Länder die etwa gewünschte spezielle Auskunft.

21) Weber a. a. O. § 35—38.

22) Zu vergl. Wagener in Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung von 1877 S. 7 ff.

Laubhölzer sowie die Lärche berechtigen, wenn auch wohl schon in etwas engeren Grenzen, zu dieser Hoffnung. Die gedeihliche Entwickelung dieser Holzarten ist aber meist an sehr bestimmt umgrenzte Bedingungen (namentlich bezüglich des Standorts) gebunden, so dass durch deren erweiterten Anbau und intensive Pflege wohl örtlich (z. B. Esche und Ahorn in der schwäb. Alb) eine bemerkbare Veränderung, im allgemeinen jedoch kaum eine besonders weitgehende Umgestaltung der Physiognomie des Waldes herbeigeführt wird. Dagegen müssen einige Nadelhölzer, wie vorab Kiefer und Fichte, als Holzarten bezeichnet werden, welche vermöge ihrer verhältnismässigen Anspruchslosigkeit und der Leichtigkeit ihres Anbaues im Verein mit einer sehr hohen Nutzfähigkeit allerdings so umfängliche Gebiete teils schon erobert haben, teils noch in Besitz nehmen können, dass der ganze Charakter ausgedehnter Waldgebiete dadurch verändert wird. Tatsächlich und auch ganz naturgemäss ist — obwohl auch die Tanne an manchen Orten eine Schmälerung ihres Gebietes zu verzeichnen hat, die übrigens durch erweiterten Anbau an anderen Orten ziemlich ausgeglichen werden dürfte — vorzugsweise der Besitzstand der Buche gefährdet; dieselbe ist jetzt schon auf weiten Gebieten durch die genannten Nadelhölzer ersetzt worden und wird, wo die augenblicklichen Preisverhältnisse für die Beurteilung der Rentabilität in erster Linie massgebend sind, unweigerlich auch einen noch weitern Rückgang erfahren. Doch ist es gewiss sehr am Platz, wenn sich gewichtige Stimmen[23]) warnend erheben, um ein zu allgemeines Verdrängen der Buche zu verhüten. Niemand bezweifelt die höhere Nutzfähigkeit der Nadelhölzer; sollten letztere auch schliesslich (etwa wegen fehlender Absatzgelegenheit zumal für schwächere Sortimente) zum Teil ins Brennholz geschnitten werden müssen, so würde ihre in einer gegebenen Zeit pro Flächeneinheit erzeugte grössere Masse wohl immer noch das ersetzen, was die Buche an Brennwert pro Masseneinheit vor ihnen voraus hat. Selbst wenn man berücksichtigt, dass die Nadelhölzer von viel grösseren und mannigfaltigeren Gefahren bedroht sind als die Buche und deshalb nicht die gleiche Sicherheit der Ertragsleistung zu bieten vermögen wie diese, wird ihre Ueberlegenheit im grossen und ganzen zugegeben werden müssen. Immerhin sollte man keinesfalls zu weit ausgedehnte reine Nadelholzwaldungen schaffen. Ist die Buche auch im reinen Bestand nicht mehr allgemein existenzberechtigt, so sollte man sich doch möglichen Veränderungen der wirtschaftlichen Lage gegenüber (eventuell gänzlich veränderte Absatz- und Transportbedingungen etc.) den Rückweg offen halten, indem man der Buche wenigstens die gebührende Stelle im gemischten Walde gönnt; wird sie doch durch ihre schon mehrfach erwähnte überaus günstige Einwirkung auf den Boden diese Rücksichtnahme stets reichlich lohnen. Gerade die mangelnde Sicherheit bezüglich der Vorausbestimmung der zukünftigen wirtschaftlichen Verhältnisse in ihrer Gesamtheit kann uns mahnen, gemischte Bestände überhaupt und insbes. auch solche, in denen die Buche vertreten ist, zu begünstigen[24]). Die übrigen Laubhölzer — ausser der Buche und der wegen besonderen Wertes ohnehin anders zu beurteilenden, oben schon genannten Eiche und sonstigen sog. edlen Laubhölzern — bedürfen,

23) Z. B. Gayer in seiner mehr zitierten Schrift: „Der gemischte Wald“.

24) Einen besonders prägnanten Ausdruck hat die Beurteilung des Werts der Rotbuche in den Verhandlungen der Versammlung deutscher Forstmänner zu Stuttgart (1897) und in den daran sich anschliessenden literarischen Debatten gefunden. Während von den Einen die Buche im Hinblick auf ihre mangelhafte Rentabilität in reinen Beständen geradezu als verlorene Holzart bezeichnet wurde, haben andere dieselbe mehr oder minder energisch in Schutz genommen. Aus der umfänglichen, zur „Buchenfrage“ erwachsenen Literatur seien u. a. erwähnt die Aufsätze von Endres (Allg. Forst- u. J.-Z. 1898, S. 91), Heiss (ebendas. 1898, 250), Dr. Heck (ebendas. 1898, 257), N (A. F.- u. J.-Z. 1898, 383), B in Prakt. Forstwirt für die Schweiz (1898, 49), Trebeljahr (Mündener forstl. Hefte 1898, 14. Heft).

weil sie meist ihre ganz spezifische Nutzbarkeit besitzen (z. B. Birke für Geschirrhölzer, Erle zu Cigarrenkisten, Aspe für die Zündholzfabrikation) und für den grossen Betrieb kaum irgendwo oder wenigstens nur auf ganz beschränkten Standörtlichkeiten einmal als mitherrschende oder gar herrschende Holzarten, sondern meist nur in untergeordnetem Masse in Frage kommen, der besonderen Fürbitte weit weniger. Uebrigens ist auch eine gelegentlich gesteigerte Nutzholzverwendung für die Buche keineswegs ausgeschlossen. 2. Arbeitsgelegenheit: Hierüber enthält Handbuch I, Bd. I, § 39 bis 41 die nötigen Angaben. Ist auch für den Waldbau ein direktes Motiv bei Bemessung seiner Massnahmen aus dem Umstande, ob eine Holz- oder Betriebsart mehr oder weniger umfängliche Arbeitsgelegenheit bietet, in der Regel nicht abzuleiten, so lässt sich dieses Moment doch auch wieder nicht von den übrigen wirtschaftlichen Beziehungen, von den Rücksichten, welche der Gesamtbetrieb zu nehmen hat, einseitig loslösen; auch der Waldbau sollte vor seinen Entscheidungen über den engen Kreis seiner eigensten Interessen hinaus Umschau halten, um einerseits für seine Arbeiten stets genügende Kräfte verfügbar zu haben und andererseits auch wieder vorhandenen Kräften die erwünschte Betätigung zu gestatten und dieselben dadurch dem Walde zu erhalten. Dabei kommen in erster Linie die mit der Begründung, Erziehung, Ernte eines Holzbestandes verknüpften Arbeiten in Betracht; daneben aber auch solche, welche durch die Gewinnung gewisser Nebennutzungen (Waldfeldbau, Hackwald, Harznutzung u. s. w.) bedingt sind, sowie diejenigen, welche sich schliesslich nach der vollzogenen Ernte an das Rohprodukt anlehnen, bezw. sich bei dessen Verwendung beteiligen. Dass die Holz- und Betriebsarten in diesen Beziehungen sehr verschieden zu werten sind, erhellt aus den späteren Abschnitten. 3. Verhalten der Holzarten gegen den Standort: Die Erörterungen zu III, A S. 423 ff. geben über die einschlägigen Beziehungen Aufschluss. Es sei an dieser Stelle nur wiederholt hervorgehoben, dass bei aller waldbaulichen Tätigkeit die Bodenpflege auch um deswillen vorangestellt werden muss, weil wir im allgemeinen kein Recht haben, etwa zu gunsten der Gegenwart wirtschaftliche Massregeln zu ergreifen, infolge deren wir der Zukunft in Gestalt eines geschwächten Bodens einen minder leistungsfähigen Kapitalteil hinterlassen, als wir ihn von der Vergangenheit überkommen haben. 4. Wirtschaftseinrichtung: Von der absoluten Ertragsziffer (Etat) abgesehen, bei deren Bemessung natürlich auch die grössere oder geringere Sicherheit der Ertragsleistung mit berücksichtigt wird, sind es hauptsächlich zwei Fragen, welche den Zusammenhang der Holzart mit der Forsteinrichtung andeuten, nämlich: 1. für welche Betriebsart (Hochwald, Niederwald, Mittelwald etc.) eignen sich die verschiedenen Holzarten, bezw. wie werden sie verjüngt? und 2. werden dieselben in reinen oder in gemischten Beständen angezogen? Dass der Femelwald und alle demselben sich nähernden Betriebsformen im Gegensatz zu schlagweiser Behandlung, und dass ebenso gemischte Bestände im Gegensatz zu reinen[25]) die Forsteinrichtung erschweren, steht ausser allem Zweifel; der Nachweis dafür ist übrigens an anderer Stelle zu führen. Es wird auch nicht beanstandet werden wollen, wenn dieser Umstand bei der Würdigung der einzelnen Holzarten mit beachtet wird. Dagegen wäre es verkehrt, wenn bestimmte waldbauliche oder sonstige Vorzüge einer Betriebsform oder Holzartenmischung irgend einer starren Forsteinrichtungsregel zum Opfer gebracht würden, da natürlich die waldbaulich höchste Leistung des Forstes stets erste und wichtigste Forderung an die Wirtschaft sein muss. Ein passender Ausgleich zwischen den hie und da sich widerstreitenden Interessen wird in den meisten Fällen unschwer gefunden werden können. — 5. Nebennutzungen: An ganz bestimmte

25) Vergleiche auch 1. Abschnitt III, B. 1. S. 426 dieser Abhandlung.

Holzarten sind direkt gebunden z. B. Lohrinde, Harz, Mast, Futterlaub u. a. m.; durch Vermittelung der Betriebsart hängen mit der Holzart zusammen z. B. Produkte des Waldfeldbaues, die landwirtschaftlichen Nutzungen im Hackwald, Gräserei in Pflanzkulturen u. dgl. — 6. Widerstandsfähigkeit gegen Gefahren: Die schon mehrfach, erstmals bereits ad 1, Abschnitt II, 4, S. 421, angedeuteten Beschädigungen können den wirtschaftlichen Wert einer sonst recht schätzbaren Holzart unter Umständen, bezw. für bestimmte Oertlichkeiten so herunterdrücken, dass man auf ihre Anzucht geradezu verzichten muss. So verbietet sich z. B. in wildreichen Forsten, wenn man nicht besondere Schutzmassregeln (Eingattern) ergreifen will, hie und da der Anbau der Esche, der Eiche, der Weisstanne vollständig, obwohl dieselben ohne die Gefährdung durch Schälen oder Abäsen hohen Ertrag erwarten liessen; in ausgesprochenen Schneebruchlagen hat man möglichst mit der Kiefer fern zu bleiben; dem Sturm besonders exponierte Orte taugen nicht für die Fichte u. s. w. Auch hier darf wieder daran erinnert werden, wie vielfache Gelegenheit, solche Gefahren abzuschwächen, durch geeignete Holzartenmischung gegeben ist. — 7. Besondere örtliche Anforderungen: Dahin gehört z. B. eine gewisse Anpassung an die Bewirtschaftungsweise umgebender Waldungen, sofern es sich um kleinere Enklaven handelt (z. B. ein sturmgefährdeter Fichtenbestand inmitten eines grösseren Schälwaldgebietes); ferner die Rücksichtnahme auf Servituten, deren Befriedigung häufig eine bestimmte Holzart fordert; sodann eine Reihe spezieller wirtschaftlicher Aufgaben, wie die Anzucht von Faschinenhölzern, Böschungsbefestigungen u. s. w.

Im allgemeinen kann die tatsächliche Verbreitung der Holzarten als Massstab derjenigen wirtschaftlichen Bedeutung dienen, welche ihnen beigelegt wird, mit der Einschränkung natürlich, dass für die Wertschätzung seitens der Gegenwart nur die unter unsern Augen entstehenden Jungbestände beweiskräftig sind, während alle älteren Hölzer nur bezüglich der Anschauung jener Zeit, in welcher sie begründet sind, ein Urteil zulassen. Entscheidend für den Betrieb im grossen ist, wie wir rekapitulierend nochmals hervorheben, immer nur die kleine Anzahl von Holzarten, welche ausgedehnte Gebiete (eventuell auch in reinen Beständen) einnehmen, d. h. Kiefer, Fichte, Buche, Tanne. Alle übrigen Holzarten, selbst die Eiche, sind, so sehr sie auch, örtlich oder allgemein für bestimmte Verhältnisse, unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, doch in ihren Existenzbedingungen jenen herrschenden Holzarten gegenüber meist äusserst beschränkt, so dass an eine den Umfang ihres jetzigen Gebietes weithin überschreitende Verbreitung derselben nie zu denken ist. Um so mehr sollte man ihnen da, wo ihre Anzucht ohne greifbare Benachteiligung anderer Interessen zulässig erscheint, einen Platz anweisen, um dem Walde die in den verschiedensten Beziehungen so schätzenswerte Mannigfaltigkeit zu erhalten, oder, wo sie verloren wäre, wieder zu verschaffen.

Zusatz: Die Einführung ausländischer Holzarten betreffend[26]).

§ 15. Im deutschen Walde haben sich einige Holzarten, welche aus fremden Ländern zu uns gekommen sind, das Heimatsrecht erworben, wie beispielsweise die Weymouthskiefer. Da und dort hat man man schon seit lange versucht, auch andere, insbesondere amerikanische Hölzer bei uns einzubürgern, man ist aber über derartige Versuche in Parks meist nicht hinausgekommen; nur in vereinzelten Fällen hat man sie schon vor längerer Zeit auch in den eigentlichen Wald hinaus gebracht, und auch dann in der Regel nur in wenigen Exemplaren, allenfalls in kleinen Gruppen. Die

26) Vergl. John Booth, Die Naturalisation ausländischer Waldbäume in Deutschland. Berlin 1882. Derselbe, Die ausländischen Holzarten 1902. — Bezügliche Erörterungen finden sich auch in den neuesten Jahrgängen fast aller forstlichen Zeitschriften.

Tatsache nun, dass eine Anzahl fremder Hölzer, welche unseren heimischen auf dem Nutzholzmarkte bedenkliche Konkurrenz machen, Klimaten entstammen, welche den unsrigen ähnlich sind, regte die Erwägung an, ob nicht wenigstens einige jener Exoten bei uns mit Vorteil eingeführt werden könnten, so dass, wenn auch erst mit Wirkung in der Zukunft, jener Konkurrenz des Auslandes wenigstens einigermassen entgegengearbeitet werden würde. Der Gedanke ist sicherlich nicht zu verwerfen; es wird ja, schon wegen des beschränkten Areals, welches den fremden Holzarten im deutschen Walde nur zugewiesen werden kann, an ein vollständiges Hintanhalten des Imports von solchen nie gedacht werden können; jedenfalls aber gehört es zu den waldbaulichen Aufgaben des forstlichen Versuchswesens, die Bedingungen festzustellen, unter welchen ein derartiges Unternehmen erfolgversprechend sein möchte. So hat sich denn auch der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten der Frage bemächtigt und seit etwa 20 Jahren solche Anbauversuche mit ausländischen Holzarten eingeleitet[27]). Erste Voraussetzung ist, dass die betreffenden Holzarten unser Klima ertragen; entscheidend sind dabei weniger die mittleren Jahrestemperaturen bei uns und in ihrem Heimatlande, als vielmehr die niedrigen Wintertemperaturen (bezw. hohen Temperaturdifferenzen), auf welche wir zeitweise rechnen müssen, sowie die Temperatur in der eigentlichen Vegetationsperiode, und dann insbesondere auch die Feuchtigkeitsverhältnisse (Seenähe, Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmengen etc.). Da aber neben der Anbau**fähigkeit** vor allem auch die Anbau**würdigkeit** ausschlaggebend sein muss, welche in der positiven Leistung ihren Ausdruck findet, so ist zu betonen, dass sich eine fremde Holzart auf einem bestimmten Standort in Konkurrenz mit der für denselben passenden heimischen nur dann behaupten kann, wenn sie entweder besseres oder mehr Holz liefert, beides unter Berücksichtigung des Faktors „Zeit", oder wenn sie gegen gewisse Gefährdungen, wie z. B. durch Frost, Hitze, Wildverbiss, Insekten, widerstandsfähiger ist, bezw. sonst in waldbaulicher Beziehung (Schutz- und Treibholz, leichter Anbau, bedeutende Reproduktionskraft u. dgl.) irgend welche hervorragende Eigenschaften hat. Beachtenswert ist der Hinweis des Prof. Dr. H. Mayr[28]) in München darauf, dass es sich am meisten empfehlen dürfte, solche Holzarten einzuführen, deren Gattungen (wie z. B. Douglastanne, Chamaecyparis, Thuja etc.) überhaupt noch nicht im deutschen Walde vertreten sind. Ausser den amerikanischen Holzarten hat man inzwischen auch japanische einbezogen[29]). Sorgfältiges Studium des Verhaltens der Exoten in ihren Heimatländern muss den Anbauversuchen als Grundlage dienen, damit nicht Kulturarbeiten mit fremdländischen Holzarten unternommen werden, die schon in ihrer ersten Einleitung als verfehlt erscheinen. Es seien hier u. a. nur die in verschiedenen Schriften niedergelegten wertvollen Forschungsergebnisse des Professors Dr. Mayr zu München hervorgehoben. Auf die Herkunft (Provenienz) des Samens[30]) wurde und wird von manchen Seiten hervorragendes Gewicht gelegt, während Mayr dieselbe für gleichgültig hält, so lange es sich nicht um systematisch trennbare Varietäten oder Rassen

---

27) Arbeitsplan für Anbauversuche mit ausländischen Holzarten, sowie Arbeitsplan für Untersuchung des forstl. Verhaltens ausländischer Holzarten vergl. Ganghofer, Das forstliche Versuchswesen II. Bd. S. 169 und 191.

28) Vergl. Mayr, Die Heimat der Douglastanne (Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung v. 1886 S. 61 ff.) und Derselbe, Japanische Waldverhältnisse (Allg. Forst- u. J.-Z. 1886, S. 353 ff.).

29) Luerssen, Die Einführung japanischer Waldbäume in die deutschen Forste. Notizen für die geplanten Anbauversuche; Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1886 S. 121, 251, 313, 442, 545 ff. — Arbeitsplan, betr. japan. Holzarten siehe Jahrb. d. preuss. Forst- etc. Gesetzg. 1887, S. 19.

30) John Booth a. a. O. S. 121 ff.

handelt, welche mit der äusserlichen Abweichung von der typischen Form auch innere Eigentümlichkeiten vererben.

Aus der ziemlich langen Reihe solcher Holzarten, welche zu Anbauversuchen empfohlen sind, mögen hier beispielsweise von Nadelhölzern nur Pseudotsuga Douglasii, Picea sitchensis, Pinus banksiana, Chamaecyparis Lawsoniana, Thuja gigantea, Larix leptolepis, sowie von Laubhölzern Quercus rubra, Juglans- und Carya-Arten, Fraxinus americana genannt werden. Nachdem die Anbauversuche nun bereits durch 2 Jahrzehnte im Gange sind, konnte über deren Verlauf seitens verschiedener Versuchsanstalten schon eine Reihe von Mitteilungen erfolgen. Unter diesen sind diejenigen der preussischen Hauptstation für forstliches Versuchswesen, weil sie auf der Beobachtung der nach Holzart und Standörtlichkeit weitaus mannigfaltigsten und nach Flächenausdehnung umfänglichsten Kulturen beruhen, die beachtenswertesten[31]). Soweit sich aus den bis jetzt vorliegenden Ergebnissen ein Schluss ziehen lässt, darf man hoffen, dass wenigstens eine beschränkte Anzahl der in den Kreis der Versuche einbezogenen Exoten, in erster Linie vielleicht die oben genannten, dereinst eine wirkliche Bereicherung des deutschen Waldes darstellen werden. Zur Gewinnung eines endgültigen Urteils gehört freilich ein längerer Beobachtungszeitraum, zumal bei einzelnen (z. B. Larix leptolepis) der Verdacht vorliegt, dass ihre gute Jugendentwickelung vielleicht von einem Nachlassen des Wachstums in höherem Alter gefolgt sein wird. — Nicht unbeachtet mag auch der forstästhetische Wert mancher (längst nicht aller!) fremdländischer Holzarten bleiben.

Zweiter Abschnitt.

Die Bestandesbegründung.

Der Abschnitt bespricht die Art, wie unter den verschiedensten Verhältnissen Bestände begründet werden. Demnächst hat die „Bestandeserziehung“ (dritter Abschnitt) aus den Jungwüchsen haubare Bestände heranzubilden[32]).

Erstes Kapitel.

Allgemeine Gesichtspunkte.

I. Arten der Begründung und ihre wirtschaftliche Bedeutung.

A. Arten.

§ 16. Man unterscheidet natürliche und künstliche Bestandsbegründung; bei jener ist das Material dazu auf der Fläche bereits vorhanden oder wird von der Natur auf dieselbe gebracht, während bei dieser menschliche Tätigkeit das Kulturmaterial herbeischafft und die sonst erforderliche Arbeit leistet. Die natürliche Bestandsbegründung vollzieht sich entweder durch Samen (durch Abfall desselben von Bäumen, die auf oder neben der Fläche stehen) oder durch Ausschlag (Bildung von Wurzel-, Stock- oder Schaftlohden)[33]). Die künstliche Begründung erfolgt entweder durch Saat oder durch

---

31) Auch aus Württemberg (A. F-. u. J.-Ztg. 1897, S. 14 u. 83 ff.), Bayern (Forstl.-naturw. Zeitschr. 1892) und neuerdings namentlich auch aus Oesterreich (Dr. Cieslar, „Ueber Anbauversuche mit fremdländ. Holzarten“ Centralbl. f. d. ges. Forstw. 1901) liegen Nachrichten über die bisher erzielten Resultate vor.

32) Bezüglich der Grenze zwischen Begründung und Erziehung der Bestände ist die Vorbemerkung zum dritten Abschnitt zu vergleichen.

33) Die aus den abgefallenen Samen entstandenen Jungpflanzen scheidet man nicht selten in Aufschlag und Anflug: Aufschlag sind im allgemeinen die aus schwereren, direkt herunterfallenden, flügellosen Samen gekeimten Pflanzen (Eiche, Buche etc.), während man

Pflanzung. Bei der Saat bleibt die aus dem Samen entstehende Pflanze auf ihrer Stelle, während die bei der Pflanzkultur verwendeten Individuen anderswo gekeimt sind, als da, wo sie demnächst weiter wachsen sollen.

B. Wahl der Art der Bestandesbegründung.

Zunächst ist zu entscheiden, ob natürliche oder künstliche Verjüngung eintreten soll; danach ist innerhalb dieser beiden Hauptgruppen von Verjüngungsmethoden die Auswahl im einzelnen zu treffen.

Die Entscheidung ist bedingt durch Standort und Holzart (cfr. erster Abschnitt), dann insbesondere durch den Wirtschaftszweck, durch das Verhältnis von Aufwand und Erfolg, für dessen Beurteilung sehr oft in erster Linie die Gewinnung der erforderlichen Arbeitskräfte in's Gewicht fällt, sowie durch den Umstand, ob auf der Fläche schon Wald vorhanden war oder nicht. In letzterem Falle kann, wenn man von der seltenen Möglichkeit einer Randbesamung (von seitlich stehenden Bäumen her) absieht, nur künstliche Bestandesbegründung in Betracht kommen. Das gleiche gilt, wenn die Fläche zwar bereits mit Wald bestockt war, aber ein Holzartenwechsel beabsichtigt wird. So oft jedoch die nämliche Holzart auf einer Fläche nachgezogen werden soll, treten allgemein die natürliche und künstliche Bestandesbegründung in Konkurrenz. Beide werden unter Umständen vereint angewendet, indem künstliches Einbringen von Samen oder Pflanzen die auf natürlichem Wege bereits entstandenen oder noch zu erwartenden Jungwüchse vervollständigt.

1. Natürliche oder künstliche Bestandesbegründung?

§ 17. Wenn nicht bestimmte Ursachen die künstliche Begründung des neuen Bestandes fordern, kann und soll man die natürliche Verjüngung wählen. So lange man auf dem Wege, welchen die frei wirkende Natur einschlägt, das durch die Wirtschaft gesteckte Ziel genügend rasch und sicher erreichen kann, ist zunächst nicht abzusehen, weshalb man jenen Weg verlassen soll. Vor allem ist die Verschiedenartigkeit der Standortsverhältnisse bei der Wahl des Verjüngungsverfahrens sorgfältig zu beachten. Aber selbst wenn man erwägt, dass man, wie von vielen Seiten scharf betont wird, bei der natürlichen Verjüngung im allgemeinen am leichtesten für ununterbrochene rationelle Bodenpflege sorgen kann, dass dieselbe auch die Begründung gesunder gemischter Bestände erleichtere, sowie die Starkholzzucht ohne Erhöhung der Umtriebszeit ermögliche, ergibt sich doch in vielen Fällen eine Entscheidung zu gunsten künstlicher Bestandesbegründung und zwar hauptsächlich nach Massgabe folgender Erwägungen: a) die natürliche Verjüngung durch Ausschlag ist ausgeschlossen bei den Nadelhölzern. — b) Soll die natürliche Verjüngung bei irgend welcher Holzart durch Samen erfolgen, so muss eine je nach den Umständen grössere oder geringere, jedenfalls genügende Anzahl von tauglichen Samenbäumen zu Gebote stehen, welche das Material liefern. Man ist also an das Vorhandensein und das Masttragen dieser (der Mutterbäume) gebunden; und es leuchtet ein, dass durch Ausbleiben oder Fehlschlagen einer Mast Störungen im Verjüngungsbetrieb veranlasst werden können, Verzögerungen in der Schaffung junger Bestände, welche unter Umständen den Gang der ganzen Wirtschaft beeinflussen (Abweichungen von der normalen Umtriebszeit, Ersatz eines an Haubarkeitsnutzungen zu liefernden Hiebsquantums durch Vorgriffe, stärkere Durchforstungen u. s. w.). Sind auch solche Störungen im einzelnen meist nicht von Belang, so können sie sich doch in unangenehmer Weise häufen (mehrmaliges Vernichten der Blüte durch Frühjahrsfröste etc.), so dass die künstliche Verjüngung (in diesem Falle ein Kind der Not) einspringen muss. Letztere kann wohl auch die notwendige Folge von Kalamitäten wie Insektenfrass, Schneebruch, Sturm etc. werden, wenn solche den betreffenden

---

die aus angeflogenen (leichten, geflügelten) Samen erwachsenden als Anflug bezeichnet. Die Trennung ist keine scharfe. Der Name „Anflug“ wird vor allem für Nadelhölzer oft gebraucht.

Waldort in einem Stadium der Entwickelung treffen, in welchem er noch nicht verjüngungsfähig ist, oder ihm die erforderliche Zahl geeigneter Samenbäume genommen haben oder an unvorhergesehener Stelle so bedeutende Einschlagsmassen häufen, dass der normale Fällungsgang unterbrochen werden muss und dadurch die planmässige Benutzung eines eintretenden Samenjahres vereitelt wird. — c) Stehen, wie in der Regel, die Mutterbäume auf der Kulturfläche selbst, so beschatten, bezw. überschirmen sie (je nach Art, Zahl, Verteilung in verschiedenem Masse) die jungen Keimpflanzen, und wenn auch letzteren dadurch während ihrer ersten Jugendentwickelung meist ein nur wohltätiger, ja für manche Holzarten und in bestimmten Oertlichkeiten geradezu notwendiger Schutz gewährt wird, so können doch andere Holzarten (Lichthölzer) allgemein, andere in gewissen Lagen diese Beschirmung nicht oder nur kurze Zeit hindurch vertragen. Hieraus kann sich für eine Anzahl von Fällen[34]) die künstliche Verjüngung als Erfordernis ergeben.

Die Ansichten darüber, wie mit Rücksicht auf die Erfordernisse der einzelnen Holzarten die Grenzlinie zwischen natürlicher und künstlicher Verjüngung zu ziehen sei, gehen auseinander[35]). Dass Schattenhölzer allgemein durch Samenabfall, also natürlich verjüngt werden können, steht (entsprechende Bestandesbeschaffenheit vorausgesetzt — Alter, Zahl und Verteilung der Samenbäume) ausser Zweifel; ebenso, dass diejenigen derselben, welche in der Jugend gegen Frost und Hitze empfindlich sind (besonders Tanne, Buche) und deshalb in der Regel eines Schutzbestandes bedürfen, meist mit dem grösseren Vorteil auch wirklich natürlich verjüngt werden (künstliche Verjüngung auf der Kahlfläche oder event. unter Zuhilfenahme eines durch eine andere Holzart erst beschafften Schutzbestandes ist Ausnahme!). Andererseits sind unbedingte Lichthölzer (wie z. B. die Lärche, abgesehen von höheren Gebirgslagen) von der natürlichen Verjüngung so gut wie ausgeschlossen, während eine Anzahl von Holzarten die Mitte halten, bezw. je nach Lage der Umstände bald natürlich bald künstlich verjüngt werden. Dahin gehört von Schattenhölzern die Fichte, von Lichthölzern z. B. die gemeine Kiefer, die Eiche, die Esche. Je besser der Boden, um so eher ist im allgemeinen die natürliche Verjüngung durch Samen möglich, weil das geringe Schattenerträgnis der Lichthölzer in besseren Lagen durch die sonst guten Wachstumsbedingungen teilweise paralysiert wird (z. B. reichlicher Eschen- und Eichenanflug auf frischen, kräftigen Böden unter oft noch sehr dichtem Schirmdach der Mutterbäume). — Aehnlich erhöht grössere Luftfeuchtigkeit (in der Nähe des Meeres oder sonstiger grosser Wasserflächen, im Gebirge etc.) die Möglichkeit natürlicher Verjüngung. — Rauhe Lagen, steile Hänge, steinige Partien, Böden, welche starken Unkrautwuchs erwarten lassen, fordern oft natürliche, nasse Orte meist künstliche Bestandesbegründung. Näheres bei Behandlung der einzelnen Holzarten, siehe 4. Kap. dieses Abschn.

d) Ausser im Falle der Randbesamung bedingt der Kahlschlagbetrieb die künstliche Verjüngung. Doch sollte Kahlschlag wegen seiner später zu erörternden Nachteile nur in den wenigen Fällen, in welchen etwa die waldbaulichen Massnahmen von einem bestimmten Prinzip der Forsteinrichtung (Schlageinteilung) abhängig gemacht werden wollen, die Ursache der künstlichen Bestandesbegründung, vielmehr in der Regel nur die Folge der zu derselben drängenden Gründe (entschiedenes Lichtbedürfnis der Holzart, Waldfeldbau etc.) sein. Schirmschlag- und Femelschlagbetrieb und noch mehr Femelbetrieb, Niederwald und Mittelwald operieren meist mit Beschaffung ihrer Jungwüchse auf natürlichem Wege. — e) Für die künstliche Bestandesbegründung wird auch (insbesondere bei der Pflanzung) eine gleichmässigere Verteilung der jungen Individuen auf der Fläche geltend gemacht, woraus sich dann auch eine gleichmässigere und bei lichterem Stande raschere Entwickelung der Einzelstämme von Jugend auf

---

34) Die Präzisierung derselben folgt aus dem 4. Kapitel dieses Abschnittes „Bestandesbegründung bei den einzelnen Holzarten".

35) Zu vergl. u. a. die Verhandlungen der Versammlung deutscher Forstmänner zu Frankfurt a/M. 1884 über das Thema: „In welchem Stadium befindet sich dermalen die Frage der natürlichen Verjüngung"? Versammlungsbericht bei Sauerländer, Frankfurt a/M. 1885.

ergibt. Einsprengen von Mischhölzern in einen Grundbestand in regelmässiger Verteilung meist künstlich. Der Erfolg der natürlichen Verjüngung ist weit mehr von der in einem Bestande manchmal sehr wechselnden Bodenbeschaffenheit (Bodengare, Moospolster etc.) abhängig; nach reicher Mast stehen die Jungwüchse oft allzu dicht (Uebelstände, denen übrigens meist unschwer abgeholfen werden kann). — f) Auch der Kostenaufwand ist in manchen Fällen (Waldfeldbau, arme Böden, seltene und nicht ergiebige Samenjahre, umfangreiche Nachbesserungen im Falle natürlicher Verjüngung etc.) bei künstlicher Kultur (einfaches Verfahren mit schwachen Pflänzlingen) geringer, obwohl eingeräumt werden muss, dass im allgemeinen gerade im Sinne der Kostenersparnis die natürliche Bestandesbegründung den Vorzug verdient. Jede Kulturausgabe belastet den Bestand, mit Zins und Zinseszins bis zum Abtrieb anwachsend, so dass möglichste Ersparnis geboten ist. Erstmaliger Aufwand und Kosten etwaiger Nachbesserungen sind stets zu kombinieren. Immerhin muss vor allem der vollkommene Kulturerfolg gesichert sein. —

Die Frage, ob künstliche oder natürliche Verjüngung, bedarf, wie aus vorstehenden Andeutungen hervorgeht, recht häufig der besonderen örtlichen Untersuchung, da uns die Zweifelsfälle, in welchen beide Arten möglich sind, in grosser Zahl und vielseitiger Gestalt entgegentreten. Ausschlaggebend ist der nach jenen allgemeinen Gesichtspunkten unter gleichmässiger Berücksichtigung aller konkurrierenden Momente zu bemessende wirtschaftliche Gesamteffekt. Oertliche Erfahrung ist für die Beurteilung höchst wertvoll, jedoch stehen unverkennbar Gewohnheit und durch sie bestärkte Vorurteile nicht ganz selten sachgemässen Aenderungen hindernd im Wege.

2. Künstliche Bestandesbegründung insbesondere. Wahl zwischen Saat und Pflanzung.

§ 18. Entscheidend ist wiederum der Kulturerfolg in Verbindung mit dem durch denselben bedingten Aufwand. Im einzelnen kommen folgende Punkte in Betracht: a) die Sicherheit. Die Qualität des Kulturmaterials (Samen bei der Saat, Pflänzlinge bei der Pflanzung), kann, da überhaupt nur mit gutem Material operiert werden darf, hier nicht als Grund pro oder contra verwertet werden. Dagegen ist die Witterung der ersten, auf die Ausführung der Kultur folgenden Wochen und Monate, event. der nächsten Jahre in Beziehung zur Beschaffenheit des Bodens und der Lage für den Erfolg bedingend. Schädlich wirken vor allem Witterungsextreme, wie andauernde Trockenheit, Hitze, zu grosse Nässe, Fröste u. s. w. Zwar sind beide Arten, Saat- und Pflanzkulturen, dadurch benachteiligt, aber nicht immer in gleichem Masse. Trokkenheit z. B., ebenso wie Hitze, wird, obwohl alles auf die Zeit ihres Eintritts ankommt, doch Pflänzlingen mit tiefgehenden Wurzeln oft weniger bedenklich als Keimlingen; das gleiche gilt von Frösten, soweit es sich um das Ausfrieren handelt. Platzregen dürften an steilen Hängen durch Abschwemmen einer Saat häufiger Schaden bringen als einer Pflanzung. Starker Schneefall, längeres Liegenbleiben des Schnees kann einer jungen Saat, die vollständig überdeckt wird, durch Druck und Lichtentzug eher nachteilig werden, als einer Pflanzung, während andrerseits für Pflanzen, die mit dem Gipfel aus dem Schnee hervorragen, namentlich im Spätwinter, wenn die Sonne schon wieder höher steigt und unter tags stärkere Erwärmung (Reflex vom Schnee, Temperaturdifferenz) erzeugt, eine besondere Gefahr ersteht. Im grossen und ganzen möchten, wenn auch solche meteorische Einwirkungen sowohl nach ihrer Art als nach dem Grad ihrer Schädlichkeit nicht anders als im Sinne eines auf örtlicher Erfahrung beruhenden Wahrscheinlichkeitsschlusses in Rechnung gezogen werden können, Saaten doch mehr gefährdet erscheinen als Pflanzungen. Letzteres gilt weiterhin bezüglich des Unkrautwuchses. — Auf nassen, sowie auf sehr trockenen oder mageren Böden ist meist die

Pflanzung, auf sehr steinigen die Saat vorzuziehen. — Grössere Sicherheit muss für die Pflanzung insbesondere bei solchen Holzarten in Anspruch genommen werden, welche, wie Kastanie, Esche, Ahorn u. s. w. besonderer Pflege bedürfen. Man zieht dieselben zunächst in Frostgärten an. — b) Die Entwickelung der jungen Kultur: Der bei einer gut aufgehenden Saat von vornherein meist verhältnismässig dichte Stand der Pflanzen kann, wenn nicht Unkräuterwuchs, Tierbeschädigung (durch Wild, Mäuse etc.), Frost u. dergl. dies verhindert, raschen Schluss der Kultur und damit baldige Bedeckung des Bodens bewirken. Doch ist durch sehr dichten Stand die Entwickelung der Einzelpflanze gehemmt. Andererseits hat die Pflanzung je nach dem Alter der verwendeten Pflänzlinge einen grösseren oder geringeren Vorsprung, welcher ihr, namentlich bei geringer Pflanzweite, raschere Bodenbedeckung sichert. Uebrigens ist dieser Vorsprung wegen des, auch bei sorgfältigster Ausführung der Pflanzkultur, fast immer eintretenden zeitweiligen Stockens in der Entwickelung der Pflanzen und dadurch bedingten Zuwachsverlustes kaum im vollen Betrag zu bemessen (am vollständigsten bei jungen Pflänzlingen). Bei der Pflanzung ist eine normalere Entwickelung der einzelnen Individuen durch deren geringere Zahl und gleichmässige Verteilung ermöglicht. Auf die Art und den Umfang der Zwischennutzungen (Reinigungshiebe, erste Durchforstungen etc.) kann man durch entsprechende Wahl der Pflanzenentfernung einwirken. Gestatten oder verlangen Saatbestände vermöge ihres dichten Schlusses oft früher als Pflanzungen eine Holznutzung, so besteht letztere doch anfänglich zumeist in geringem, wenig wertvollem Material. — c) Kostenaufwand: Beschaffung des Kulturmaterials und Kosten der Kulturausführung wirken zusammen, je bei der ersten Anlage und bei etwaigen Nachbesserungen. Es fragt sich zunächst, ob zur Saat guter Samen billig zu haben ist oder nicht, und analog für die Pflanzung, mit welchem Aufwand die erforderliche Zahl tauglicher Pflänzlinge beschafft werden kann. Begreiflich liegen die Umstände von Fall zu Fall oft sehr verschieden. Gute Masten begünstigen die Saat, während hoher Samenpreis, sowie nicht genügende Samenmenge zur Pflanzung drängen, oft durch Vermittelung der Pflänzlingszucht auf besonders bereiteten Stellen. Hat man in natürlichen Verjüngungen oder auf Saatflächen genügendes Pflanzenmaterial kostenlos verfügbar, so wird man dasselbe benutzen; muss dasselbe aber erst besonders angezogen werden, so kommt die Art, wie dies geschieht (besondere Forstgärten, Anzucht unter Schutzbeständen etc.), in Betracht. Bezüglich der Kulturausführung ist zu erwägen, ob und welche Bodenvorbereitungen nötig sind. Durch solche werden insbesondere Saaten oft nicht unbeträchtlich verteuert, während nicht minder gewisse Pflanzverfahren (Hügelpflanzung als Beispiel) an umfängliche Vorarbeiten geknüpft sind. Die Aussaat selbst geht meist rasch und damit ohne grosse Kosten von statten. Jedenfalls ist eine Kultur mit älteren, stärkeren Pflanzen immer teuer sowohl hinsichtlich der Beschaffung der letzteren als auch in Absicht auf die Ausführung der Pflanzung, während sich die Pflanzung mit jungem, schwachem Material unter Wahl eines einfachen, rasch fördernden Verfahrens, namentlich auch wegen der meist hohen Sicherheit des Erfolgs, oft als billige Kulturmethode darstellt. Oertliche Erfahrung gibt über den für Nachbesserungen, Kulturpflege (Bekämpfung des Unkrauts, Abhaltung schädlicher Tiere etc.) in Aussicht zu nehmenden Kostenaufwand Aufschluss. Ueberdies ist der oben erwähnte Altersvorsprung einer Pflanzung jeweilig mit in Rechnung zu bringen. — d) Die für die Kulturausführung verfügbare Zeit: Da dieselbe oft (Gebirg, rascher Uebergang vom Winter in den Sommer, zweifelhafte Witterung) knapp bemessen ist, so kann die Schnelligkeit des Vollzugs für die Wahl des Verfahrens mitbedingend werden, zumal wenn Arbeitskräfte nicht in beliebiger Zahl zu haben wären. Etwaige Bodenvorbereitung kann oft schon vor der eigentlichen Kulturzeit vorgenommen

werden, wodurch dann in der kritischen Zeit das Kulturgeschäft abgekürzt erscheint. Die Saat ist im Hinblick auf den Zeitaufwand häufig, aber längst nicht immer der Pflanzung überlegen. — e) Rücksicht auf gewisse Nebennutzungen: Grasnutzung, event. auch Viehweide, ist — wenn überhaupt auf die durch Entzug mineralischer Nährstoffe jedenfalls schädliche Entnahme von Futtergewächsen abgehoben werden will — in Pflanzkulturen im allgemeinen eher ausführbar, als in unregelmässig bestandenen Saaten. Jedoch bieten die Zwischenstreifen bei Kiefernsaaten oft ebenso gute Gelegenheit zur Entnahme des Grases. Selbst auf dicht stehenden Nadelholz-Vollsaaten lässt sich der Auftrieb von Schafen unter Umständen ohne besondere Schädigung der Kultur bewirken. — f) In gewissen besonderen Fällen des Kulturbetriebs, wie z. B. Anlage von Alleen, Hecken, Uferbefestigungen, Weidenhegern, wird nur Pflanzung gewählt. — g) Die Massregeln der Bestandeserziehung (Durchforstungsbetrieb insbesondere) werden durch die Methode der Bestandesbegründung, wenn bei letzterer nicht extreme Verhältnisse (z. B. besonders weiter Pflanzverband gegenüber einer engen Saat) vorliegen, meist nur im Jugendalter der Bestände in beachtenswertem Masse beeinflusst; zwar macht sich ein etwaiger Unterschied (grössere oder geringere Schwierigkeit einer gleichmässigen Schlagstellung etc.) oft auch noch in's Stangenholzalter hinein bemerkbar, verschwindet aber doch in diesem meistens bald. — Im Durchschnitt aller zu beachtenden Faktoren ergibt sich vielleicht beim Vergleich von Saat und Pflanzung ein kleines Plus zu gunsten der letzteren. Aber auch hier sind die zweifelhaften Fälle neben denen, deren Entscheidung einfach liegt, so zahlreich, dass von Aufstellung genereller Regeln wiederum Abstand genommen werden muss.

C. Historisches.

§ 19. Tatsächlich ist im Hochwalde die natürliche Verjüngung vielfach durch die künstliche Bestandesbegründung, sowohl durch die Saat als die Pflanzung, verdrängt worden und zwar auch in Fällen, in welchen natürliche Verjüngung recht wohl möglich wäre. Der Grund liegt hauptsächlich in der relativ hohen Sicherheit vieler Methoden der künstlichen Verjüngung, sowie in dem Umstande, dass man im Falle der letzteren den Vorgang der Bestandesbegründung unabhängig von dem mehr oder minder zufälligen Eintreffen gewisser Vorbedingungen (wie der Mast für natürliche Besamung, Vorhandensein eines wenigstens annähernd normalen Altholzbestandes u. s. w.) in jedem beliebigen Zeitpunkte einleiten und durchführen kann. Dadurch wird bis zu einem gewissen Grade grössere Regelmässigkeit und Uebersichtlichkeit in dem ganzen Verjüngungsbetriebe gewährleistet und hierdurch vielfach den Interessen auch der Forsteinrichtung am besten entsprochen. Insbesondere hat die Pflanzung bedeutend an Ausdehnung gewonnen.

Selbstredend ist die natürliche Verjüngung die älteste Methode der Bestandesbegründung. Bis in die zweite Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts findet man ausser in den Fällen absoluter Notwendigkeit (Blösenanbau etc.) künstlichen Holzanbau nur wenig, hatte auch nach Lage der Umstände (Bedeutung der Jagd, niedrige Holzpreise u. s. w.) keinen Anlass, für Kulturen besondere Aufwendungen zu machen. Mit dem Vordringen des schlagweisen, zunächst des Femelschlag- und Schirmschlag-Betriebes an Stelle des reinen Femelwaldes kam die künstliche Kultur, wenn auch vorerst nur als Unterstützung der natürlichen Verjüngung, mehr und mehr in Aufnahme und erlangte endlich im Kahlschlagbetrieb die Herrschaft, wobei zunächst wohl die oben schon angedeutete taxatorische Rücksicht, welche in dem auf Anbahnung grösserer Uebersicht und Ordnung in der ganzen Wirtschaft gerichteten Streben ihren Ausdruck findet, zu

gunsten des Kahlschlagbetriebs als massgebendes Motiv vor den rein waldbaulichen Erwägungen den Vorrang beanspruchte. Ueberhaupt hat die Forsteinrichtung nicht selten entschiedener, als es ihr zukam, die Führung im Wirtschaftsbetriebe übernommen. Hie und da ist man in der Wertschätzung der künstlichen Bestandesbegründung ganz zweifellos zu weit gegangen; man liess sich vielenorts mehr und mehr zur bedingungslosen Verfolgung dieser einseitigen Richtung verleiten, so dass mancherlei wirtschaftliche Missstände nicht ausbleiben konnten, und es ist wohl begreiflich, wenn man in den letzten Jahrzehnten vielfach um so entschiedener zur natürlichen Verjüngung zurückgekehrt ist. Dass wir uns in der Gegenwart einer der letzteren günstigen Strömung gegenüber befinden, erhellt schon aus der neueren Waldbauliteratur, z. B. den durch manche waldbauliche Werke (insbes. Gayer's Waldbau, Borggreve's Holzzucht u. a.) angeregten Debatten, sowie aus der Behandlung einschlägiger Probleme in einer grossen Reihe von Forstversammlungen der letzten Jahrzehnte[36]). Selbstverständlich wird dem aufmerksamen Beobachter der Umschwung der Anschauungen auch im Walde vielenorts sofort erkennbar. Man hat sich davor zu hüten, dass man nicht von einem Extrem in's andere fällt. Da übrigens die bezügliche Diskussion ebensosehr, wenn nicht vornehmlich, dem vierten Abschnitt, der von den Betriebssystemen handelt, angehört, so sei näheres Eingehen auf dieselbe letzterem überwiesen.

II. Reihenfolge der Kulturen.

§ 20. Passende Verteilung der einzelnen Kulturarbeiten auf die einzelnen Jahre und die in denselben verfügbare Zeit ist erforderlich. Die Kürze der Kulturzeit, die Beschaffenheit des Kulturmaterials und die Rücksicht auf die Arbeitskräfte beschränken den Wirtschafter oft in seinen Dispositionen, und es kommt bei den Anordnungen über die Reihenfolge der vorzunehmenden Arbeiten darauf an, diejenigen zunächst zu bedenken, welche entweder an einen bestimmten Zeitpunkt gebunden sind oder sich als die für den Gesamtwirtschaftsbetrieb wichtigsten erweisen. Im allgemeinen gilt der Grundsatz, Nachbesserungen tunlichst bald vorzunehmen, da dieselben, wenn verschoben, meist nur mit grösseren Kosten und oft nur mit geringerer Aussicht auf Erfolg ausgeführt werden können. Dasselbe gilt von der Einsprengung von Mischhölzern in die Schläge. Im übrigen ist denjenigen Kulturflächen, auf welchen Bodenverschlechterung zu befürchten ist, die nächste Sorge zuzuwenden, während ausserdem solche Flächen baldmöglich mit einem vollkräftigen Bestande zu versehen sind, welche den grössten Zuwachs versprechen, deren zeitweiliges Liegenlassen also den grössten Verlust mit sich bringen würde. Eine den örtlichen Umständen entsprechende Verteilung der Arbeiten auf Herbst und Frühjahr ist besonders wichtig. Man beachte überdies, dass manche Holzarten (Lärche u. a.) verpflanzt sein sollten, bevor sie ihre Knospen öffnen, während mit anderen (Fichte) noch ohne besonderen Nachteil kultiviert werden kann, nachdem sie schon kleine Triebe gebildet haben[37]). Im allgemeinen stellt man im Frühjahr gern die Pflanzungen den Saaten voran.

III. Rücksichten auf den Boden und die Bestandeserziehung.

§ 21. Solche sind ad B, 1, e (S. 442) und 2, b und g (S. 444 und 445) bereits

36) Vergl. Bericht über die XIII. Versammlung deutscher Forstmänner zu Frankfurt am Main 1884 (Verlag von Sauerländer 1885), insbes. S. 48 ff. Referat von Lorey über das Thema: „In welchem Stadium befindet sich dermalen die Frage der natürlichen Verjüngung". Daselbst sind u. a. auch eine Anzahl Aeusserungen aus der neuesten Literatur, sowie aus Versammlungs-Verhandlungen angeführt.

37) Vergl. Dr. Walther, „Wann sollen wir die Nadelhölzer verpflanzen"? Allg. F.- u. J.-Z. v. 1887, S. 112 ff.

angedeutet. Sie finden ihren Ausdruck in dem „Masse der Bestandesdichte“, für dessen Wahl übrigens daneben auch Rücksichten des Forstschutzes, der Forstbenutzung, der Rentabilität, sowie der Betriebsart bestimmend sind. Bodenpflege und Bestandeserziehung sind nicht zu trennen, da erstere für eine gute Bestandesentwickelung die unerlässliche Bedingung ist.

Im allgemeinen ist möglichst baldiger Bestandesschluss anzustreben, insbesondere auf trockenen, mageren, exponierten und zu Unkrautwuchs neigenden Standorten. Hier wird man also in der Regel dichter säen und pflanzen. Man wird insbesondere bei der Kultur mit langsamwüchsigen Holzarten auf einen von vornherein dichteren Stand der Pflanzen abheben. Das nämliche gilt als Regel vom Hochwald im Vergleich mit bestimmten Formen des Niederwalds, wie z. B. Eichenschälwald, Kastanienstockschlägen, ebenfalls mit Rücksicht auf die gewünschte Bestandesentwickelung. Vielfach sind auch die Absatzverhältnisse massgebend. Kann man, wie häufig in der Nähe grosser Städte, auch geringes Zwischennutzungsmaterial gut verkaufen, so wird ein engerer Stand der Jungwüchse unter Umständen lohnend, der in verkehrsarmer Waldgegend als Verschwendung erscheinen müsste. Lebhafter Handel mit Bohnenstecken und insbesondere Hopfenstangen sind Veranlassung, auf reichlichen Anfall dieser Sortimente, event. durch dichtere Pflanzung, hinzuarbeiten. Dichter Stand in der Jugend liefert überdies astfreie, gerade und vollholzige Schäfte[38]), wogegen freierer Stand ein rascheres Erstarken der Einzelindividuen zur Folge hat; hierdurch kann unter Umständen die grössere Massen- und Wertproduktion bewirkt werden. Die Beachtung gewisser Nebennutzungen, welche, wie z. B. Gras, bei lichterer Stellung reichlicher anfallen, spielt meist eine untergeordnete Rolle.

IV. Beziehungen zum Forstschutz und zur Forstbenutzung.

§ 22. Unter ersteren mögen die Rücksichten auf Schneedruck in vorderster Linie genannt werden, sofern Jungbestände vor der ersten Reinigung besonders dann hierunter zu leiden haben, wenn sie sehr dicht geschlossen erwachsen und infolge dessen die einzelnen Pflanzen nicht gehörig erstarkt sind. Im weitern Verlauf hat die Bestandeserziehung einzutreten (zu vergl. u. a. dritter Abschnitt Kap. 1 u. 2). Dagegen bietet dichter Stand eine gewisse Sicherung gegen die Beschädigungen durch Wild, weil dann (z. B. beim Abäsen und Schälen durch Rotwild) eher zu hoffen ist, dass eine zur Bestandesbildung genügende Anzahl unbeschädigter Pflanzen übrig bleibt. Ausserdem sind u. a. auch die Fragen der Aneinanderreihung von Kulturflächen, des zeitweisen Liegenlassens derselben ohne Bebauung mit Rücksicht auf Insektenschäden (Rüsselkäfer), der Anzucht frost- und hitzeempfindlicher Holzarten unter Schutzbestand solche, durch welche Bestandesbegründung und Forstschutz in Beziehung zu einander treten.

Die Forstbenutzung wird insbesondere beim Holzerntebetrieb berührt: Fällung, Herausschaffen des Holzes an die Schlagränder u. s. w. An dieser Stelle sei besonders hervorgehoben, wie wichtig es im Sinne leichten Holztransportes ist, die dafür nötigen Wege, soweit sie noch fehlen, bereits bei Vornahme der Kulturen, wenigstens in Gestalt schmaler Niveaupfade vorzusehen. Ist die Hege herangewachsen, so bereitet das Abstecken der Wege oft grosse Schwierigkeiten, während die Arbeit, so lange man über die junge Kultur hinwegblicken kann, eine leichte ist.

---

38) Nicht auch längere! Zu vergl. hierüber u. a. von Guttenberg: „Ueber den Einfluss des Bestandesschlusses auf den Höhenwuchs und die Stammform“, österr. Vierteljahrsschrift v. 1886, S. 103 ff.

V. Rücksichten der Forsteinrichtung.

§ 23. Solche kommen, wie bereits früher angedeutet wurde, einmal in Betracht bei der Wahl zwischen künstlicher und natürlicher Verjüngung und zwar als Beziehungen, welche in der Hauptsache durch die Wahl der Betriebsart vermittelt werden; sodann bei der Schlaganlage, also bei der Reihenfolge, in welcher die einzelnen Bestände in Verjüngung zu nehmen sind. Die bezüglichen Momente sind in der Forsteinrichtung des Näheren zu erörtern. In erster Linie wird dabei neben der Beschaffenheit der Bestände (Weiserprozent) die Sturmgefahr (Verjüngung der herrschenden Windrichtung entgegen, Deckung durch vorliegende Bestände, event. zeitige Loshiebe), dann aber auch der Holzabsatz (Verteilung desselben auf verschiedene Orte eines Reviers, gleichmässig leichte Bedarfsbefriedigung für umwohnende Konsumenten etc.), die Beweglichkeit der ganzen Wirtschaft (Operieren mit einer Mehrzahl kleinerer Objekte, zahlreiche Hiebszüge) u. s. w. massgebend.

Zweites Kapitel.
Natürliche Bestandesbegründung.

Vorbemerkung. Die allgemeinen Gründe für und gegen natürliche Verjüngung sind im ersten Kapitel dieses Abschnitts ad I, B, 1 (§ 17) angegeben worden. Die Vorfrage lautet immer: ist die Bestandesbegründung auf natürlichem Wege überhaupt möglich? Aus der Bejahung folgt dann aber noch keineswegs, dass sie auch rätlich sei. Dieselbe etwa durch überlanges Abwarten erzwingen zu wollen, wäre ein ebenso grosser Fehler, wie der Verzicht auf dieselbe da, wo sie uns ohne besondere Kosten einen guten Nachwuchs oder gar Bestände liefern würde, welche den auf andere Weise begründeten überlegen sind.

A. Natürliche Verjüngung durch Samen.

I. Kahlschlag mit Randbesamung.

§ 24. Die Mutterbäume, in geeigneter Zahl und Beschaffenheit, insbesondere also im samenfähigen Alter — (Mannbarkeit; bei jeder natürlichen Samenverjüngung am besten weder zu früh, d. h. so lange die Bäume schwach und unregelmässig fruktifizieren, noch erst sehr spät im überhaubaren Alter benutzt, wo dann die räumlichere Stellung im Verein mit Bodenverwilderung oft ein Hindernis für normale Verjüngung bietet) — stehen seitlich an der Verjüngungsfläche. Man erwartet das Ueberfliegen der Samen auf dieselbe, was aber nur für leichte, besonders für beflügelte Samen (Nadelhölzer, Ahorn, Esche, Hainbuche), mit hinreichender Sicherheit zu unterstellen ist. Ueberdies dürfen jedesmal nur schmale Absäumungen am Rande des Samenbestandes (in der Windrichtung, damit der Samen vom Winde der Kahlfläche zugetragen wird; am Hang womöglich von oben nach unten) stattfinden; meist stellt sich eine ungleichmässige Ansamung auf der Fläche ein. Schwierigkeiten entstehen durch inzwischen angesiedelte Unkräuter, Stockausschläge (oft recht hinderlich!) u. s. w.; gleichwohl findet man diese Art der Verjüngung hie und da in kleinem Umfange mit Erfolg durchgeführt, wenn die Erfahrung ihre Zulässigkeit nachgewiesen hat oder wenn die Umstände den Aufwand für künstliche Kultur nicht gestatten, während man doch (etwa aus Rücksichten der Holzbringung) von dem Kahlhieb nicht absehen möchte. Nachbesserung mittels künstlicher Kultur ist oft erforderlich. Von grösserer Bedeutung wird diese Art der Verjüngung nicht oft.

Als ein Spezialfall der Randbesamung sind diejenigen sog. Kulissenhiebe zu betrachten, bei welchen zum Zweck der Verjüngung streifenweise abwechselnd 10—30 m

breite Kahlhiebe geführt und Bestandesteile dazwischen stehen gelassen werden. Von letzteren ausgehend soll die Besamung der Kahlstreifen stattfinden. Dass dies, wenn Mastjahre und günstige Witterung zu rechter Zeit eintreten, sowie Unkrautwuchs, Bodenverödung etc. nicht hinderlich wird, mit Erfolg geschehen kann, ist zuzugeben. Ebenso sicher ist aber auch, dass die geschlossen bleibenden Bestandespartien, welche mit Rücksicht auf die Bewegung des Samens meist mit der Breitseite dem Winde entgegenstehen, oft der Sturmgefahr preisgegeben und überdies in sich zunächst nicht mit den Bedingungen einer guten Naturbesamung ausgestattet sind; selbst wenn man, um gleichzeitig mit der von ihnen ausgehenden Randbesamung für sie selbst zu sorgen, einen normalen Samenschlag aus ihnen stellen wollte, wäre das Resultat ungewiss. Es wäre u. a. fraglich, ob das erzeugte Samenquantum für die Gesamtfläche ausreichen würde. Kommt nun hinzu, dass tatsächlich die Kulturerfolge mittelst der Kulissenhiebe auch bezüglich der Kahlstreifen vielfach nicht befriedigen (Mangelhaftigkeit insbes. an den Rändern, Holzabfuhr, Insekten u. s. w.), so bleibt ein Grund, dieselben zu empfehlen, kaum übrig, man geht vielmehr besser entweder vollständig zur Freikultur oder zur Samenschlagstellung für die ganze Fläche über.

Mit anderen hat namentlich Borggreve — Holzzucht S. 126 ff. — auf Grund der Beobachtung, dass man während der letzten 10—20 Jahre in den norddeutschen Kieferebenen mehrfach in grösserem Umfang dem Kulissenhieb in der Praxis der Kiefernverjüngung Raum gewährt habe, sehr energisch gegen denselben Front gemacht. — Zu vergleichen übrigens Danckelmanns Bemerkungen hierzu, Zeitschr. f. F.- u. Jagdwesen, S. 66 ff. von 1887. —

Der Kampf gegen die Kulissenschläge wird nicht sowohl in erster Linie gegen die vorstehend geschilderten Hiebsführungen unternommen, bei welchen ausschliesslich oder doch ganz vorwiegend durch Randbesamung die Wiederbestockung erwartet wird, sondern allgemein gegen das Prinzip derartiger Wechselstellung von Kahlfläche und Bestandesstreifen, also insbes. auch dann, wenn, wie in der Mehrzahl der Fälle, künstliche Kultur, z. B. Pflanzung mit 1jährigen Kiefern auf vielen preussischen Kulissenschlägen (z. B. Regierungsbezirk Bromberg), alsbald erfolgt. Von anderer Seite werden dieselben in Schutz genommen, wenigstens für bestimmte Verhältnisse (cfr. z. B. Ljollweg in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1901, S. 323 ff.). Wenn nun auch die Kulissenverjüngung durch künstliche Kultur eigentlich an anderer Stelle besprochen werden sollte, so möge doch die ganze Kulissenfrage hier ihre Erledigung finden. Es handelt sich zumeist um Kulissen im Kiefernwald der norddeutschen Ebene, auf ärmeren Sandböden, oft bei sehr geringen atmosphärischen Niederschlägen, bei grosser Ausdehnung der zu verjüngenden Flächen, woselbst mit grossen, weithin sich erstreckenden Kahlschlägen oft schlechte Erfolge erzielt worden sind. Hier hat man (zumal in 1883—1897) vielfach, nach sorgfältig erwogenem Plane, 40—70 m breite Kulissenhiebe geführt und die Flächen bepflanzt, da auf durchgehends natürliche Verjüngung der Schläge nicht zurückgegriffen werden wollte. Einige Wuchsbehinderung durch Beschattung und Rückstrahlung an den Rändern sei zwar erfolgt; Randlichtung mindert diese Schädigung. Schütte, Insektenschäden, Windwurf seien nicht gesteigert, auch Fällungsschwierigkeiten ergeben sich nicht; vielfach seien einwandfreie Jungwüchse entstanden.

Aus diesen Andeutungen ergeben sich ganz klar die einzelnen Einwendungen, welche (zum Teil auch oben schon) gegen die Kulissenhiebe erhoben werden. Als allgemein anzuwendende Form der Verjüngung kann man sie um so weniger empfehlen, da man mit Schmalschlägen, über welche später (unter der Rubrik „Kahlschlagbetrieb") zu sprechen ist, in vollkommen wirksamer Weise den Nachteilen grosser Kahlhiebe vorbeugen kann.

II. Die Mutterbäume stehen auf der Verjüngungsfläche.

§ 25. 1. Allgemeines. Die Mutterbäume dienen nicht nur der Begründung des neuen Bestandes durch ihren Samenabfall, sondern beschirmen auch den jungen Aufschlag. Wesentlich von dem Einfluss dieser Ueberschirmung hängt es ab, ob man von der Eigenschaft der Altholzstämme, Samen auszustreuen, überhaupt Gebrauch machen will oder nicht. Jener Einfluss lässt sich aber folgendermassen definieren[39]): Er trifft

39) Zu vergl. Borggreve, „Holzzucht" S. 74 ff. Daselbst findet sich eine sehr vollständige Andeutung der Einzelmomente, welche zur „Gesamtwirkung der Beschirmung" zusammentreten. Der Vielgestaltigkeit der Kombinationen gegenüber ist eine allseits erschöpfende Behandlung kaum denkbar. Immerhin lassen sich gewisse, stets wiederkehrende und allgemein festzuhaltende Gesichtspunkte nicht schwer gewinnen.

den Boden und trifft die den Boden bekleidenden Pflanzen, in specie also auch die Holzpflanzen, auf deren Nachzucht wir abheben. Ueberdies wird das Tierleben auf der Kulturfläche durch das Vorhandensein eines Kronenschirms von Mutterbäumen berührt. 1. Der Boden. Im grossen und ganzen ist der Einfluss der Ueberschirmung günstig, es sei denn in sehr nassen Lagen, deren Wasserüberschuss beseitigt werden muss. In Betracht kommen hauptsächlich die Wirkungen der Sonne, der atmosphärischen Niederschläge, der Winde, und zwar sämtlich in Absicht auf Bodenwärme und Bodenfeuchtigkeit (und damit im Zusammenhang auf Humuszersetzung u. s. w.). Der Kronenschirm der Mutterbäume hält Sonnenstrahlen vom Boden ab, hindert die intensive Erwärmung, aber auch die Austrocknung desselben. Ebenso wird durch die Baumkronen ein Teil der atmosphärischen Niederschläge vom Boden ferngehalten; der Zutritt des Windes zum Boden ist gehemmt, wodurch dem letzteren die Feuchtigkeit besser bewahrt bleibt. — 2. Die jungen Holzpflanzen. Zu Sonne, Niederschlag und Wind gesellen sich als wirkende Faktoren die Wärmeausstrahlung gegen den Luftraum, der Anspruch des Oberstandes an das Nährstoffkapital des Standorts, die Unkräuter und die Tiere. a) Die Sonne wirkt durch Licht und Wärme. Wie sich diese beiden in die Gesamtleistung teilen, ist noch nicht genügend aufgeklärt. Jedenfalls kommt aber in physiologischer Beziehung dem Licht ein ganz hervorragender Anteil an der Sonnenarbeit zu. Im Licht, wenn auch nicht in der grellsten Beleuchtung, wachsen unsere Holzpflanzen sämtlich besser als im Schatten oder Halbschatten, vorausgesetzt, dass alles zu ihrer freudigen Entwickelung Nötige, also namentlich Wasser, in genügender Menge vorhanden ist, durch welches die austrocknende Wirkung (starke Verdunstung etc.) der zugleich mit dem Licht tätigen Sonnenwärme paralysiert wird. b) Wenn die atmosphärischen Niederschläge den Holzpflanzen durch den Kronenschirm zum Teil entzogen werden, so ist zwar diese Wirkung nicht ganz allgemein als eine nachteilige zu bezeichnen, ja sie kann in längeren Regenzeiten (z. B. auf kalten, undurchlassenden Tonböden) als eine günstige angesehen werden. Immerhin aber muss in sehr vielen Fällen, in welchen die Rätlichkeit einer natürlichen Verjüngung bezweifelt wird, wie z. B. für die Kiefer auf Sandboden, die Zurückhaltung der atmosphärischen Niederschläge durch die Baumkronen zu den bedenklichen Umständen der Ueberschirmung gerechnet werden. Entscheidend ist der Wasserbedarf der nachzuziehenden Holzart und hier wieder die Frage, ob in den kritischen Zeiten längerer Trockenheit überhaupt nur durch einen Schirmstand oder in welchem Masse etwa durch einen solchen besser für die Erhaltung der nötigen Feuchtigkeit gesorgt wird. Dass im allgemeinen unter einem noch nicht sehr stark gelichteten Kronenschirm der Mutterbäume mehr Feuchtigkeit verfügbar und damit die Gefahr durch Trockenheit geringer ist, darf wohl als wahrscheinlich angenommen werden. c) Der Wind wirkt auf die Holzpflanzen austrocknend. d) Die Wärmeausstrahlung kommt einmal in Betracht wegen der Spätfröste (klarer Himmel, ruhige Luft), sodann wegen der Taubildung. Die Wirkung des Kronenschirms ist ersteren gegenüber unzweifelhaft günstig (jedenfalls eines der wichtigsten, für viele Lokalitäten das entscheidende Moment), wogegen die Beeinträchtigung der Taubildung nachteilig ist. e) Die Beteiligung der Mutterbäume und andererseits der Forstunkräuter am Nährstoffkapital des Standorts (Wurzel- und Luftraum) muss, sobald eine gewisse Grenze überschritten wird, den jungen Holzpflanzen nachteilig werden. Geht man davon aus, dass der noch geschlossene Altbestand alles, was an Nährstoffen verfügbar ist, für sich ausnutzt, so gestattet erst eine Durchlichtung desselben die Entwickelung eines Jungwuchses; doch genügt hiefür (d. h. nur im Sinne unmittelbarer Ernährung) zunächst eine sehr mässige Schlussunterbrechung. Alsbald tritt dabei auch die Konkurrenz seitens der Forstun-

kräuter auf, welche bei jeder stärkeren Lichtung, auf gutem wie auf schlechtem Boden, bedenklich werden können. Durch Beschirmung lassen sich viele derselben — Ausnahmen: z. B. die Heidelbeere — bekämpfen. Dass die schädigende Wirkung der Unkräuter, ausser auf der Inanspruchnahme der Nährstoffe und insbesondere der Feuchtigkeit des Bodens, auch auf der Beschattung (Verdämmung) der Holzpflanzen durch dieselben beruht, ist unzweifelhaft; in welchem Masse das eine oder das andere der Fall ist, kann überhaupt nicht und am wenigsten allgemein angegeben werden[40]). Je nach der Art und Menge des Unkrautes kann dasselbe den Schutz der Holzpflanzen gegen Frost, Austrocknung etc. übernehmen. f) Bezüglich schädlicher Tiere ist an die durch Ueberschirmung geminderte (event. verhütete) Gefahr durch Mäuse, Engerling, Rüsselkäfer zu erinnern. Bodenfrische unter dem Schirm von Mutterbäumen fördert, wenn die nötige Wärme nicht fehlt, die regelmässige Streuzersetzung, die höchst wirksame Arbeit der Regenwürmer u. s. w.

Nach vorstehenden Andeutungen scheint es, als ob der Kronenschirm der Mutterbäume im grossen und ganzen, bezw. in den weitaus meisten Fällen der Entwickelung des Jungwuchses förderlich sei, d. h. es würde hieraus die natürliche Verjüngung als Regel zu folgern sein; immerhin kann der Freihieb durch vermehrte Niederschläge, Taubildung, Licht und Wärme im speziellen Falle günstig wirken. Man hat also zu erwägen, welche Momente jeweils die wichtigsten sein werden, bezw. welche derselben in dem allein entscheidenden Gesamteffekt der Beschirmung, in welchem die vielgestaltigsten Einzelwirkungen vereinigt sind, nach Lage der Umstände voraussichtlich einen vorwiegenden Einfluss äussern werden.

Die ganze Frage ist, wie S. 442 schon angedeutet wurde, überhaupt nur hinsichtlich eines Teils unserer Holzarten eine kritische, sofern bei Tanne und Buche kaum jemand ohne Not von der natürlichen Verjüngung Abstand nehmen wird, während man manche andere Holzarten, zumal so entschieden lichtbedürftige wie die Lärche, meist durch Pflanzung an die Orte bringen wird, wo man ihrer bedarf. Auch die Eichen, Esche, Ahorne sind keine für die allgemeine Entscheidung — pro oder contra natürliche Verjüngung — massgebenden Holzarten, schon wegen des im ganzen nicht grossen Gebietes, in welchem sie wirklich in der Wirtschaft führende Holzarten sind. Dagegen liegt bei der Fichte die Frage kritisch. Bei ihr hat man vielfach die Möglichkeit der natürlichen Verjüngung, und, wo man von letzterer abgeht, könnte die Angabe der Gründe dafür gefordert werden. Die weitaus erheblichsten Zweifel aber gegenüber der auf natürliche Verjüngung gerichteten Forderung treten uns bei der Kiefer entgegen, deren Jungwüchse im allgemeinen keines besonderen Schutzes gegen Frost und Hitze bedürfen und sich im vollen Lichtgenuss unzweifelhaft freudiger entwickeln als unter einem nur einigermassen dichten Kronenschirm. — Alles Nähere über die einzelnen Holzarten im 4. Kapitel dieses Abschnittes.

In Bezug auf die allgemeinen Gesichtspunkte sei nur wiederholt daran erinnert, dass allein in der Durchführbarkeit einer natürlichen Verjüngung deren vollgiltige Motivierung noch nicht liegen kann; dieselbe darf vielmehr, um gerechtfertigt zu erscheinen, keinen-

---

40) Was die Unkräuter an Nährstoffen verbrauchen, kommt nicht aus dem Wald, sondern wird nur zeitweise gebunden. Die „Wurzelkonkurrenz“ spielt unzweifelhaft wesentlich mit, wirkt aber sicherlich nicht allein. Adlerfarn holt z. B. seine Nahrung aus einer Tiefe, zu welcher die Wurzeln junger Holzpflanzen längst nicht hinuntergehen und bildet für deren Gedeihen gleichwohl oft ein bedeutendes Hindernis. Ob's der Schatten an sich ist, der schädlich wirkt? doch vielleicht! Unsere Pflanzenphysiologen vermögen in dieser Frage auf Grund des jetzigen Standes ihrer Wissenschaft noch nicht zu behaupten: „so oder so ist's, anders kann's nicht sein“. Da haben wir Forstleute gewiss auch Grund zur Vorsicht in unserem Urteil!

falls weniger leisten als die künstliche Bestandesbegründung, und als Massstab dient die Gesamtwertserzeugung auf gegebener Fläche unter voller Berücksichtigung des Faktors „Zeit“, bezw. Umtriebszeit. Dies sei hauptsächlich deshalb nochmals betont, weil neuerdings mehrfach für längeres Warten auf natürliche Besamung (bes. im Kiefernschirmschlag) plaidiert wird, indem für zeitweiliges Fehlschlagen derselben auf den Lichtungszuwachs am Oberstand als einen genügenden Ersatz hingewiesen wird. Ist dieses bewusste, lange Zuwarten gleichbedeutend mit Verlängerung der Umtriebszeit über die normale Dauer hinaus — (ob dieselbe an sich hoch oder niedrig bemessen ist, kommt dabei nicht in Betracht) —, so ist es allgemein zu verwerfen; denn ebenso wenig, wie der Wald der Umtriebszeit wegen da ist, darf die Ordnung und Uebersichtlichkeit und die in einer irgendwie, aber doch jedenfalls immer unter Berücksichtigung aller nach der Auffassung des Wirtschafters bezw. Waldbesitzers massgebenden Faktoren, bestimmten Umtriebszeit ihren Ausdruck findende höchste Rentabilität geopfert werden der natürlichen Verjüngung zuliebe. Wo letztere gar nur zweifelhaften Erfolg verspricht, darf nicht bloss die künstliche Verjüngung unter Schirmstand, sondern auch der Kahlschlag in vielen Fällen die Konkurrenz ganz beruhigt aufnehmen. Die Losung: „Fort mit jedem Kahlschlag“! ist jedenfalls als eine einseitige Auffassung waldbaulicher und gesamtwirtschaftlicher Verhältnisse anzusehen und beruht auf weitgehender Nichtbeachtung umfangreicher wirtschaftlicher Erfolge, wie sie tatsächlich doch auch mit dem Kahlschlage erzielt sind!

Die natürliche Verjüngung durch einen auf der Fläche stehenden Mutterbestand scheidet sich in die drei charakteristischen Formen des Schirmschlagbetriebs[41]), Femelschlagbetriebs und Femelbetriebs.

Die Charakteristik dieser 3 Betriebsarten findet sich im IV. Abschnitte. An dieser Stelle genügt zum Verständnis die Bemerkung, dass der Schirmschlagbetrieb die Verjüngung auf grösserer Fläche gleichzeitig und gleichmässig in Angriff nimmt und womöglich (grundsätzlich wenigstens) mit Hilfe einer einzigen Mast durchführt, so dass ein gleichalter und gleichartiger Jungbestand ersteht; dass dagegen der Femelschlagbetrieb zunächst über die zu verjüngende Fläche hin zerstreute Verjüngungszentren schafft, diese durch noch nicht angegriffene Teile des Altbestandes getrennten Partien zuerst verjüngt und von ihnen aus allmählich unter Benutzung einer Reihe aufeinanderfolgender Samenjahre ringsum vorschreitet, stets neue Angriffsorte einschaltet, so nach und nach den ganzen Bestand aufrollt. Der Benutzung verschiedener Masten entsprechend ist der Jungbestand aus ungleichalterigen Gruppen und Horsten zusammengesetzt, die, dem Verjüngungsgange gemäss, nicht mit steilen Rändern aneinanderstossen, sondern gewissermassen in einander überfliessen sollen. Im Femelwalde endlich stehen alle Altersklassen auf der Flächeneinheit untereinander, die Verjüngung knüpft sich jeweils an den Aushieb einzelner Stämme bezw. Gruppen von solchen; bis alle Teile des Bestandes durch neue ersetzt sind, vergeht die ganze Umtriebszeit, alle Samenjahre während derselben tragen dazu durch Lieferung von Jungwüchsen bei; der neue Bestand enthält wiederum alle Altersklassen.

§ 26. 2. Die Verjüngung im Schirmschlagbetrieb. Die einzelnen Stadien derselben lassen sich so charakterisieren, dass zunächst einige Zeit vor dem Abtriebsalter (= normale Umtriebszeit = Jahr der Schlagbesamung, wenn alles ganz normal, bezw. schematisch verläuft), die Ueberführung des bis dahin regelmässig durchforsteten Vollbestandes in den Zustand etwas stärkerer Kronendurchlichtung erfolgt — Vorbereitungshieb, Vorhiebsschlag, Vorlichtungen; dass dann unmittelbar zum Zweck der Besamung ein weiterer Eingriff in die Bestandsmasse stattfindet — Samenschlag; endlich dass nach eingetretener Besamung, je der Entwickelung des jungen Aufschlags oder Anflugs entsprechend, die Mutterbäume (früher oder später, langsamer oder rascher) entfernt werden — Auslichtungsschlag, Schlagabräumungen oder Nachlichtungshiebe.

41) Femelschlagbetrieb Heyers; cfr. diesen Abschnitt, 1. Kap. I, A, 2.

Man geht also von einem bestimmten Jahre aus, in welchem man die Besamung wünscht[42]). Die zum Zweck der Verjüngung auszuführenden Massnahmen umfassen dann sowohl vor als nach diesem Zeitpunkt eine Reihe von Jahren, welche man in ihrer Gesamtheit den „Verjüngungszeitraum" nennt. Der erste Eingriff in den Bestand, welcher unmittelbar dazu bestimmt ist, die Verjüngung einzuleiten, bezeichnet den Anfangs-, der Hieb des letzten Mutterbaumes den Endpunkt jenes Zeitraums. Die Fällungen während desselben erstrecken sich auf haubares Holz. Der Verjüngungszeitraum ist je nach den örtlichen Bedingungen bald länger bald kürzer. Die geringste Dauer desselben ist durch die Häufigkeit der Mastjahre (Fruchtbarkeitszeitraum) in Verbindung mit der Länge der Zeit, während welcher der Jungwuchs des Schutzes der Mutterbäume bedarf, gegeben; eine Erstreckung desselben ist insoweit möglich, als der Nachwuchs die Ueberschirmung in bestimmtem Masse, ohne Not zu leiden, noch verträgt. Eine solche Ausdehnung des Ueberhaltens von Mutterbäumen über das den besten Verlauf des Verjüngungsprozesses garantierende Mass hinaus findet ihre Begründung, wo sie beliebt wird, ausserhalb des Gebietes des Waldbaues (z. B. längerer Bezug eines Lichtungszuwachses an den Mutterbäumen, Verteilung der Fällungen, Ausstattung der Perioden etc.). Diejenige Holzart, bei welcher sich der scharf ausgeprägte Schirmschlagbetrieb — in Bayern neuerdings vielfach „Dunkelschlagbetrieb" genannt, was als glückliche Bezeichnung nicht gelten kann) — am häufigsten findet, ist die Rotbuche.

a) Der Vorbereitungsschlag. Der Uebergang aus den Durchforstungen in den Vorbereitungshieb, bezw. in die Vorbereitungshiebe — (denn sehr oft, ja meist werden die bezüglichen Fällungen nicht auf einmal vorgenommen) — kann ein allmählicher sein. Manchmal wird er geradezu durch das Mass auch der stärksten Durchforstungen überschreitende Lichtungshiebe vermittelt, so dass dann die scharfe Grenze ganz fortfällt. Andererseits kommen Fälle vor, in welchen die Besamung erfolgt, ohne dass Lichtungshiebe oder eigentlicher Vorbereitungsschlag dieselbe eingeleitet haben; sie vollzieht sich aus dem noch geschlossenen Bestande heraus. Dann spricht man von einer „Verjüngung aus vollem Ort". Der Zweck des Vorbereitungshiebs ist, die für die Besamung besten Bedingungen herzustellen und zwar in Absicht auf den Boden sowohl wie auf den Bestand. Der letztere soll so beschaffen sein, dass er im Moment der Besamung nicht nur das für diese erforderliche Material an Mutterbäumen, sondern auch eine solche Anzahl von Stammindividuen enthält, wie sie für den dem Boden und demnächst dem jungen Aufschlag zu gewährenden Schutz nötig ist. Die auf Herbeiführung dieses Bestandeszustandes abzielenden Fällungen abzuschliessen, ist später die Aufgabe des Besamungsschlages; letzteren vorbereiten wollen die Vorhiebsschläge und zwar, indem sie durch allmähliche vorsichtige Durchlichtung des Kronenschlusses stärkere Kronenentwickelung der stehenbleibenden Stämme, erhöhten Zuwachs, event. reichliches Fruchttragen[43]), sowie grössere Standfähigkeit derselben zu bewirken suchen. Hierbei greift der Hieb womöglich (d. h. ohne Löcher zu schaffen) zuerst solche Holz-

42) Dass dieselbe tatsächlich nicht immer gerade in diesem Jahre eintritt, sondern bald etwas früher, bald etwas später erfolgt, bezw. dass man nicht auf das Einzeljahr, sondern auf einen durch örtliche Erfahrung bekannten, bald längeren bald kürzeren Zeitraum, innerhalb dessen man durchschnittlich eine genügende Mast erwarten darf, alle auf die Verjüngung abzielenden Operationen einrichtet, bedarf kaum der Erwähnung. Für die Darstellung des normalen Verlaufs darf man aber anstandslos alles auf das normale Besamungsjahr beziehen.

43) Reichliches Fruktifizieren und Bildung eines starken Jahresringes schliessen sich nicht immer aus; sonst müsste jedes Samenjahr sich rückwärts durch einen engen Jahresring nachweisen lassen.

arten, welche zur Besamung nichts beitragen sollen (z. B. Hainbuchen in Mischbeständen mit der Rotbuche, wenn man demnächst keine oder nur wenige Hainbuchen im Jungwuchse wünscht). Ausserdem werden schon beim Vorbereitungshieb fehlerhafte Stämme, wie tief gegabelte, drehwüchsige, ferner, soweit tunlich, überalte, schwere Stämme entfernt, welche für eine gleichmässige Schlagstellung stets hinderlich sind und überdies, wenn ihr Aushieb erst stattfindet, nachdem die Besamung bereits erfolgt ist, oft durch ihren Fall, das Aufarbeiten und Anrücken schwere Beschädigungen der Jungwüchse herbeiführen. Die Besamung hat in der Hauptsache von den Stämmen der kraftvollen, normalen, mittleren Klassen auszugehen. Schwaches, besonders unter- und zwischenständiges Material ist, soweit es nicht etwa durch zu dichten Stand die Besamung beeinträchtigt, zu erhalten, weil es meist zur Schaffung eines Schirmdaches trefflich geeignet ist und auch später noch, ohne besondere Gefährdung des Aufschlags durch die Fällung, leicht ausgezogen werden kann. Auch im Sinne gleichmässiger Verteilung der Fällungen, der Etatserfüllung, wenn die Mast fehlschlägt u. s. w., sind die Vorbereitungshiebe äusserst schätzenswert, indem sie dann vielleicht weiter ausgedehnt werden können und durch ihren Holzanfall zur Ertragsausgleichung dienen. Mithin sind dieselben im allgemeinen nicht sowohl als eine „angängige oder bedingungsweise vorteilhafte", sondern als eine notwendige Massregel zu betrachten, die uns insbesondere auch die erforderliche Beweglichkeit in der Wirtschaft sichert.

Gleichzeitig wird durch diese Hauungen auch, wie oben schon angedeutet wurde, eine Wirkung auf den Boden ausgeübt, da sich eine Unterbrechung des Kronenschlusses stets durch Veränderungen im Zustand der Bodenoberfläche (raschere Zersetzung der Streuschicht, Begrünung) kennzeichnet. Der Boden wird hierdurch oft erst für die Aufnahme des Samens empfänglich. Eine genügende Bodengare, d. h. entsprechend weit vorgeschrittene Zersetzung der Streudecke, die Beseitigung etwa vorhandener Rohhumusmassen ist erforderlich, wenn die Mast gut anschlagen soll. Wieweit die Kronenschlussunterbrechung speziell zur Herbeiführung jenes Bodenzustandes gehen muss, ist nach Lage des Falles (Art der Streudecke, Bodenschicht, Feuchtigkeit etc.) verschieden; im ganzen sind langsame Vorbereitungshiebe zum Zweck der Bodenvorbereitung plötzlichen, stärkeren Eingriffen vorzuziehen. Geeignete Hiebsführung sollte in der Regel die besondere Bodenbearbeitung unnötig machen. Eine solche ist jedoch nicht immer ganz zu umgehen, zumal auf geringeren Standorten, und besteht dann namentlich im Entfernen von Moospolstern (Polytrichum commune), welche die Samen, bezw. die aus denselben sich entwickelnden Würzelchen nicht zum mineralischen Grund gelangen lassen, im Grobschollighacken (Kurzhacken) u. dergl.[44]), Massregeln, die oft nur streifen- oder stellenweise erforderlich werden. Auch Schweineeintrieb kann sich unter Umständen sehr empfehlen. Da und dort findet auch auf besten Böden grundsätzlich immer eine Bodenbearbeitung statt, damit in jeder denkbaren Weise eine gute Besamung und die rasche Entwickelung der Keimpflanzen befördert wird (Buchenverjüngung in Dänemark als Beispiel[45]).

Im grossen Durchschnitt wird das Richtige getroffen sein, wenn der Vorbereitungshieb $^1/_5$—$^1/_3$ des bis dahin kräftig durchforsteten Bestandes an Masse entnimmt. Er erstreckt sich auf die demnächst in Samenschlag zu stellende Fläche. An den Schlagrändern ist der Bestand (gegen Sonne und Wind) besonders dunkel zu halten. Vor-

---

44) So finden sich z. B. im geschlossenen Buchenort auch nicht selten Laubschichten von solcher Mächtigkeit, dass in ihnen zunächst zur rascheren Reduzierung derselben eine etwas lebhaftere Zersetzungstätigkeit wachgerufen werden muss. Eventuell muss die Laubschichte teilweise entfernt werden. Hie und da teilweises Unterpflügen derselben — (Vogelsberg).

45) Darauf wird bei spezieller Besprechung der Rotbuche zurückgekommen werden.

sichtige Fällung ist ebenso selbstverständlich, wie etwa die Verschonung der der Verjüngung entgegenzuführenden Bestände mit Streunutzung u. dgl.

Ob und inwieweit etwa von früheren Masten her bereits vorhandener Aufschlag oder Anflug bei der allgemeinen Bestandesverjüngung mitbenutzt werden kann und soll, bleibt späterer Erörterung vorbehalten.

b) Samenschlag: Wenn die Vorbereitungshiebe im Bestand noch nicht denjenigen Grad der Durchlichtung herbeigeführt haben, welcher für die eigentliche Besamung und demnächstige Beschirmung des Aufschlags während der ersten Zeit nach der Keimung erwünscht erscheint, wird durch einen besonderen Hieb, den sog. Besamungsschlag, nachgeholfen. Man könnte denselben grundsätzlich vielleicht den Vorbereitungshieben noch zuzählen und aus diesen unmittelbar zu den nach erfolgter Besamung nötig werdenden Nachlichtungen übergehen. Dadurch jedoch, dass der Besamungsschlag an ein bestimmtes Jahr, dasjenige des Masteintritts, geknüpft ist, während die Vorbereitungshiebe ohne Rücksicht auf dieses den Bestand nur ganz allgemein für die demnächstige Ausnutzung einer erhofften Mast tauglich machen wollen, unterscheidet er sich doch von denselben wesentlich. Die Vorbereitungshiebe sind, weil man nicht sicher voraus weiss, wann sich gerade die Mast einstellen wird, in der Regel noch nicht bis zu dem für die Besamung geeignetsten Mass der Durchlichtung vorgeschritten. Kommt nun ein Samenjahr, so besorgt alsbald der Besamungsschlag das noch Fehlende. Auch hierbei ist Gleichmässigkeit der Stellung anzustreben, und zwar soll der Eingriff in den Bestand nicht stärker sein, als dass die Keimung sicher von statten geht, und sich der Aufschlag bis zur nächsten Nachlichtung, welche in der Regel nicht vor dem zweiten, vielleicht erst im dritten, auf die Besamung folgenden Jahre vorgenommen werden sollte, normal entwickelt. Den Keimpflanzen ist durch ein relativ dichtes Schirmdach zunächst die nötige Bodenfeuchtigkeit zu garantieren und jeder energische Kampf mit vordringlichen Unkräutern möglichst zu ersparen. Ein allgemein gültiges Mass lässt sich für die Schlagstellung nicht geben, weil dieselbe je nach Holzart, Bestands- und Standortsbeschaffenheit eine verschiedene sein muss. Insbesondere kommt es darauf an, wie weit man mit den Vorbereitungshieben schon gegangen war. Im grossen Durchschnitt wird man eine brauchbare Stellung gefunden haben, wenn unmittelbar nach der Besamung noch etwa 0,6—0,5 des normalen Vollbestandes vorhanden sind. Modifikationen im einzelnen sind vorbehalten. Hochangesetzte Kronen z. B., welche mehr Seitenlicht zulassen, erfordern weniger starkes Eingreifen als kurzschaftiges Holz; doch stockt solches meist auf geringerem Boden, weshalb man wiederum vorsichtiger sein muss; Lichthölzer fordern, sofern man es mit der natürlichen Verjüngung bei ihnen versuchen will, immerhin eine etwas kräftigere Kronendurchbrechung als ausgesprochene Schattenhölzer, wie z. B. die Tanne; gegen starken Unkrautwuchs hält man den Bestand dunkler, dichter Schluss kann ebenso für trockene und magere Böden, an steilen Hängen zur Erhaltung der Feuchtigkeit, wie unter Umständen gegen Ueberhandnehmen nasser Stellen (Carex brizoides in Buchenbeständen!) angezeigt sein.

Wie schon erwähnt wurde, ist der Samenschlag erst zu stellen, wenn auf das Eintreten der Mast mit Sicherheit gezählt werden darf. Seine Grösse ist zumeist von dem häufigeren oder selteneren Vorkommen guter Mastjahre, d. h. von dem Fruchtbarkeitszeitraum (durchschnittliches Intervall zwischen zwei Mastjahren), abhängig und jeweils so zu bemessen, dass im jährlichen Nachhaltbetriebe innerhalb der Umtriebszeit der gesamte Wald verjüngt wird. Von dem Fruchtbarkeitszeitraum unterscheidet sich der durch die Dauer der Ueberschirmungsbedürftigkeit des Jungwuchses bedingte Verjüngungszeitraum (siehe oben). Decken sich beide, so gestaltet sich der Vorgang der Verjüngung am übersichtlichsten. Kehren die Mastjahre, wie dies meist der Fall ist,

in Zwischenräumen wieder, die kürzer sind als der Verjüngungszeitraum, so kann nicht jede Mast ausgenutzt werden. Jährliches Samentragen würde die Bildung von Jahresschlägen gestatten; anderenfalls wird eine entsprechende Anzahl von Jahresschlägen in einen Periodenschlag zusammengefasst.

Die Bodenvorbereitung, von welcher schon gelegentlich der Besprechung des Vorbereitungshiebes die Rede war, wird oft mit bes. Vorteil erst unmittelbar vor dem Samenabfall vorgenommen. Die Holzhauerei im Samenschlag sollte vor der Keimung beendet werden. Unterbringen des Samens durch die Arbeiten der Holzernte.

c) Auslichtungsschlag: In den nach der Besamung zu führenden Hieben liegt im allgemeinen die Hauptschwierigkeit bei der Leitung des Verjüngungsprozesses, weil man in jedem einzelnen Falle die Grenze zu bemessen hat, von welcher ab die wohltätigen Wirkungen der Beschirmung durch den Nachteil überboten werden, der durch längeres Zurückhalten der Entwickelung des Nachwuchses ersteht. Der Gefährdung durch Frost, Hitze, Unkraut u. s. w. steht also das in verstärktem Lichtgenuss (bei genügender Bodenfeuchtigkeit) unzweifelhaft freudigere Heraufwachsen des Aufschlags gegenüber, und, so sehr sich einerseits Vorsicht in der Richtung empfehlen kann, dass man der sicheren Behütung vor jenen Gefahren den höheren Wert beimisst, so kann doch durch eine zu weitgehende Aengstlichkeit, welche den Jungwuchs zu lange unter dem Schirmdach der Mutterbäume kümmern lässt, ebenwohl viel geschadet werden. Sobald die Verjüngung planmässig eingeleitet ist, wird deren bestmöglicher rascher Vollzug in erster Linie massgebend; das Gedeihen des neuen Bestandes, nicht die tunlichst potenzierte Wertssteigerung im alten, ist von da ab für die Wirtschaftsführung bestimmend, wenn auch eine möglichst günstige Kombination beider Rücksichten stets anzustreben ist. Allmähliche Gewöhnung des Jungwuchses an freiere Stellung durch langsames Nachhauen im Mutterbestande wird sich vielenorts empfehlen, während in anderen Fällen ein beschleunigtes Tempo der Abräumungen erwünscht, ja notwendig sein kann (z. B. frostfreie Lagen im Gegensatz zu Frostlokalitäten, lichtbedürftige Holzarten gegenüber Schattenhölzern u. s. w.). Die örtliche Erfahrung ist zu befragen. Auch ist die Holzart entscheidend, sofern ganz allgemein der Aufschlag und Anflug von Lichthölzern zu seinem Gedeihen rascherer und energischerer Freistellung bedarf als solcher von Schattenhölzern. Es kann als Regel gelten, dass die Lichtung im Oberstand nicht früher als im zweiten Winter nach der Besamung beginnt („Kräftigungshieb" Grebes), nachdem die jungen Pflanzen wenigstens einigermassen erstarkt sind. Ganz von selbst wird die vollkommene Gleichmässigkeit in der Schlagstellung bei den Nachhieben mehr und mehr verloren gehen. Einzelne Stellen werden vielleicht schon früher oder doch schon vollständiger besamt sein als andere, auf einzelnen wird sich (infolge zufällig stärkeren Lichteinfalles etc.) der Aufschlag kräftiger, unter Umständen zu förmlichen Vorwuchshorsten entwickelt haben; dass man diesen Partien Luft macht, um sie noch mehr zu fördern, dass durch allmähliche, von solchen früh verjüngten Partien ausgehende Erweiterung der im Altbestande hierdurch entstehenden Lücken nach und nach die zwischenhinein noch stehenden Oberstandspartien zusammenschrumpfen, bis die vollständige Schlagräumung eintritt, leuchtet ein. Von diesen mehr zufällig entstehenden Ungleichartigkeiten im Jungbestande, welche übrigens kaum je so bedeutend sind, dass sie nicht dem Auge bald wieder verschwänden, unterscheiden sich wesentlich diejenigen, welche als Ergebnis der Verjüngung im Femelschlagbetriebe erscheinen.

§ 27. 3. Der Femelschlagbetrieb. Wie schon auf S. 452 kurz angeführt worden ist, will der Femelschlagbetrieb grundsätzlich keine gleichmässig über die ganze Abteilungsfläche sich erstreckende Verjüngung herbeiführen und demgemäss auch keinen gleichartigen Jungbestand erzielen, sondern erhält, indem er die einzelnen

Bestandespartien nacheinander behufs ihrer Verjüngung in Angriff nimmt, unter möglichst weitgehender Sicherung des Bodens, in dem erwachsenden neuen Bestand Altersunterschiede, welche der Länge des Verjüngungszeitraumes und der Zahl und Aufeinanderfolge der während desselben benutzten einzelnen Masten entsprechen. Der Verjüngungszeitraum ist — da die Bewältigung der Aufgabe, zumal bei vorsichtiger, feinster Wirtschaftsführung, mehr Zeit erfordert als eine Verjüngung, bei welcher durch wenige, über die ganze Fläche sich erstreckende Hiebe alles Erforderliche erledigt wird — demgemäss ein meist längerer, kaum je unter 30 Jahre heruntergehend.

Der Vorgang ist im allgemeinen folgender:

Man macht planmässig da und dort stärkere Eingriffe, während die zwischenliegenden Partien noch intakt bleiben. Diese Einzelstellen, von welchen die Verjüngung ausgeht, sind entweder nur grössere oder kleinere Löcher, absichtlich gehauen, vielleicht auch mehr zufällig entstanden (Tannenwirtschaft: durch Sturm, Aushieb von Krebsbäumen etc.), oft ohne jeglichen Oberstand, Partien, welche nicht selten bereits besamt sind, anderenfalls von den Randbäumen her sich leicht besamen, — oder es sind Flächenteile, manchmal gleich anfangs von etwas grösserer Ausdehnung, auf welchen zunächst (wie beim Vorbereitungshieb des Schirmschlags) geeignete Mutterbäume stehen bleiben, bis die Besamung erfolgt ist, und der junge Wuchs des Schutzes nicht mehr bedarf. Die Schutzwirkung der Mutterbäume tritt dabei insofern zurück, als der rings um den Junghorst noch geschlossene Bestandesrand entsprechenden Seitenschutz gewährt, so dass die Räumung meist bald erfolgen kann. Regelmässige Figuren sind natürlich ebenso wenig Bedingung, wie gleichmässiger Abstand der einzelnen Verjüngungszentren von einander, wenn auch deren annähernd gleiche Verteilung über die Gesamtfläche sowie tunlichst die Kreisform erwünscht ist. Es muss sich eben bei der Durchführung von Fall zu Fall alles nach den örtlichen Umständen richten; eine scharf ausgeprägte Schablone ist ausgeschlossen. Je nach der Entwickelung der Jungwüchse und dem Eintritt neuer Samenjahre wird dann am Rande in schmäleren oder breiteren Ringen weiter gelichtet, neue Jungwüchse erstehen in Angliederung an die im Inneren der Verjüngungsplätze heraufwachsenden Partien, neue Angriffspunkte werden zwischen den alten eingeschoben, und es ist klar, wie durch solches Verfahren nach und nach der ganze Altbestand durch junge Gruppen und Horste ersetzt wird. Grössere unbesamte Lücken entstehen also dabei nirgends, sondern nur kleine Löcher und schmale Absäumungen, deren Besamung sich leicht vollzieht, bezw. grössere, durch belassene Mutterbäume besamte Partien. Als Vorzug einer solchen Ungleichförmigkeit im Verjüngungsgange wird grösserer Zuwachs, bes. infolge bedeutenderer Boden- und Luftfrische, vollkommenste Bewahrung der Bodenkraft, auch wohl örtlich verminderter Sturmbruch und Windwurf bezeichnet. Zweifellos sind durch diese allmählich vorschreitende Femelschlag-Verjüngung örtlich schon sehr gute Erfolge zu verzeichnen, indem man tadellose Jungbestände in grosser Ausdehnung erzielt hat. Namentlich wird in Bayern, wo auf Gayers energische Anregung hin die Methode ins feinste ausgebildet worden ist, seit mehreren Jahrzehnten nach derselben vielfach gearbeitet[46]). Ich habe mich von der unbedingten Rätlichkeit dieser Wirtschaft, die vorzugsweise für Tanne und Fichte sowie bes. für Mischbestände in Betracht kommt, noch nicht überzeugen können, möchte vielmehr meinen, dass wenigstens in vielen Fällen eine durch den ganzen Bestand hindurch annähernd gleichmässige und gleichzeitige Durchführung der Verjüngung — stets die erforderliche Durchlichtung im Kronenschirm vorausgesetzt — die nämliche

---

46) Der Betrieb wird zum „Femelschlagbetrieb". Man vergleiche übrigens den vierten Abschnitt (Betriebsarten), insbesondere dessen erstes Kapitel I, A, 2.

Wertsproduktion an den gleichmässig verteilten, sämtlich mit gehörigem Lichtungszuwachs arbeitenden Mutterbäumen erzielen müsste, und dabei ein allen Anforderungen entsprechender Nachwuchs erzogen werden könnte[47]). Dass bei der Gruppenverjüngung durch die Verteilung mehr oder minder geschlossener kleiner Beständchen über die ganze Fläche hin vielfach bedenkliche Umstände (Frostgefahr, Gefährdung durch Stürme, Entzug der Niederschläge etc.) herbeigeführt werden können, ist mindestens nicht ausgeschlossen; ihre unbedingten Anhänger stehen zwar auf dem Satze, dass gerade diese Gefahren im Femelschlagverfahren weniger bedenklich würden, und weisen zur Erhärtung desselben auf eine Reihe von Beispielen hin, in welchen Schädigungen wie die angedeuteten ausgeblieben sind.

Für Schirmschlagbetrieb und Femelschlagbetrieb ist noch zu erwähnen, dass bei der Nachlichtung solchen Partien, welche zunächst unbesamt geblieben sind, durch eine Unterbrechung im Kronendach oft am leichtesten geholfen werden kann, dass also solche Stellen im Bestande keineswegs immer besonders dunkel zu halten sind. Vorsichtiger Fällungsbetrieb, mit Rücksicht auf den Unterwuchs, ist geboten. Nachbesserung durch Saat oder Pflanzung, Einbringen von Mischhölzern, soweit es nicht mittelst Vorverjüngung (z. B. Eiche im Buchengrundbestand) schon erfolgt wäre, hat zugleich mit den Auslichtungen, bezw. baldigst nach denselben stattzufinden. Stocklöcher, im Falle der Rodung, bieten besonders geeignete Stellen zur Einpflanzung. Der Femelschlagbetrieb kann sich, falls nur mit ganz kleinen Löchern operiert wird, offenbar dem reinen Femelbetrieb nähern; er kann andererseits, wenn die Verjüngungszentren je grössere Flächen einnehmen, und die Erweiterungsringe breit sind, mehr und mehr einer Auflösung des Ganzen in einzelne im Schirmschlagverfahren behandelte Teile gleichkommen.

§ 28. 4. Die Verjüngung im Femelbetrieb: Ein im eigentlichen Femelbetrieb bewirtschafteter Wald unterscheidet sich seinem Wesen nach von dem mit langer Verjüngungsdauer femelschlagartig (d. h. nicht gleichmässig durch die ganze Fläche hin, sondern gruppen- oder horstweise) behandelten Walde dadurch, dass in jenem alle Altersstufen (die Abstufungen im einzelnen in kleineren Zwischenräumen) vertreten sind, während, wie wir gesehen, im Femelschlagbetrieb zur Gruppe je nur Stämme von solcher Altersverschiedenheit zusammengeordnet sind, welche in maximo gleich der Verjüngungsdauer ist[48]). Hieraus ergibt sich bezüglich der Verjüngung im reinen Femelwald als charakteristisches Merkmal, dass der ganze Wald gleichzeitig — doch ohne dass in jedem einzelnen Jahre die gesamte Fläche betroffen wäre; wohl aber kehrt der Hieb stets in kurzen Intervallen auf die Einzelfläche wieder — in wirtschaftlicher Behandlung steht; dass bald mit mehr, bald mit weniger Regelmässigkeit kleinere und grössere, ältere und jüngere Partien mit einander abwechseln, indem da und dort die ältesten Stämme genutzt werden, und an ihre Stelle Jungwüchse treten, um welche sich, nach vorgängiger Absäumung im Altholz (ringsum oder nach einer oder mehreren Seiten) neue Jungwüchse anlegen, so dass auf diese Weise allmählich die Verjüngung des ganzen Waldes erfolgt. Der Prozess, welcher sich beim Femelschlagbetrieb in der einzelnen Waldabteilung je auf die Zeit der Verjüngungsdauer konzentriert, so dass sich im Gesamtwalde die einzelnen Periodenflächen deutlich von einander abheben, voll-

---

47) Vergl. Gayer, Der gemischte Wald, 1886, sowie Schuberg, Schlaglichter zur Streitfrage „schlagweiser Hochwald- oder Femelbetrieb" im forstw. Centralbl. von 1886 S. 129 ff. und S. 193 ff. Diese Abhandlung von Sch., welche sich auf umfängliche exakte Untersuchungen stützt, ist, weil bestimmte Zahlen gegeben werden, sehr interessant; auf dieselbe wird bei Besprechung der Betriebsarten noch einzugehen sein.

48) Näheres siehe bei der Schilderung der Betriebsarten, woselbst überhaupt die Beurteilung ihren Platz findet.

zieht sich im reinen Femelwalde fortgesetzt in jedem Umlauf der Hauungen; einzelne Teile der verschiedenen Periodenflächen des Femelschlagbetriebes, bald kleinere Gruppen, bald grössere Horste, sind im Femelwalde gewissermassen untereinander geworfen, so dass, wenn auch keineswegs in jedem kleinsten Bestandesteile, so doch innerhalb der einzelnen Abteilung, alle Altersklassen vertreten sind, selbstverständlich nicht durchweg in Abstufungen von Jahr zu Jahr, sondern je nach der Häufigkeit des Eintritts von Samenjahren in mehr oder minder ungleichen, meist je mehrere Jahre umfassenden Abstufungen.

B. Natürliche Verjüngung durch Ausschlag.

§ 29. Vorbemerkung: Dieselbe ist nur möglich bei Holzarten mit entsprechender Reproduktionskraft, schliesst also vorab die Nadelhölzer aus. Die genutzten Bestandesteile werden durch Ausschlag aus den auf der Fläche verbliebenen Baumteilen ersetzt, und hierdurch wird der neue Bestand erzeugt. Man unterscheidet Niederwald, Kopfholzbetrieb und Schneitelholzbetrieb. Beim Niederwald erfolgt je die Nutzung des gesamten oberirdischen Baumteils; die Begründung des neuen Bestandes vollzieht sich durch Stockausschläge (event. in Verbindung mit Wurzelausschlägen) aus den im Boden verbliebenen Stöcken mit ihren Wurzeln. Der Kopfholzbetrieb nimmt dem einzelnen Kernwuchs einen Teil seines Schaftes; an der Abhiebsstelle brechen Zweige hervor, welche die nächste Nutzung, die Nutzung des „nächsten Umtriebs“, und somit gewissermassen den neuen Bestand darstellen. Infolge wiederholter Nutzung dieser Aeste entsteht am Schaftende ein Wulst oder Kopf. Beim Schneitelbetrieb werden dem einzelnen Stamme nur seine Zweige und Aeste genommen, während der Schaft ihm in ganzer (oder annähernd ganzer) Länge belassen wird. Die Regeneration erfolgt durch Ausschläge an den einzelnen Aststummeln bezw. Schaftwunden.

I. Verjüngung im Niederwald:

1. Holzarten: Ausser sonst als Bäume erwachsenden Laubhölzern werden auch viele strauchartige, als Kleinnutzhölzer, Faschinenhölzer u. dgl. verwendbare Holzarten im Niederwald angezogen. Zu ersteren gehören vor allen die Eichen, dann Erlen, zahme Kastanie, Akazie, Weiden, auch Esche, Ulme, Hainbuche u. a., zu letzteren z. B. Hasel, Schneeball, Hartriegel, Heckenkirsche, Schwarz- und Weissdorn u. s. w. Die meisten dieser Holzarten treiben nur Stockloden, wie Rotbuche, Hainbuche, Eiche, Kastanie, Esche, Ahorn, Birke u. a.; bei einigen brechen ausser solchen auch Wurzelloden hervor, wie bei Weisserle, Rüster, Feldahorn, Akazie, Pappel, Kirschen u. s. w. — 2. Die Verjüngung erfordert keine besonderen waldbaulichen Massregeln, da deren Gelingen, bezw. die Entstehung eines normalen Jungbestandes, wenn anders sich die passende Holzart auf geeignetem Standort in einem guten Bestand vorfindet, und keine besonderen Störungen, wie Spätfröste, Hagelschläge u. dgl. eintreten, in der Hauptsache nur von einem rationellen Nutzungsbetrieb (glatter, tiefgeführter Hieb etc.) abhängig ist. Eventuell Nachbesserung durch Saat oder (meist!) durch Pflanzung.

II. Kopfholz- und Schneitelholzbetrieb.

1. Holzarten: Im Kopfholzbetrieb finden sich Weiden (Flussufer), Hainbuchen, Linden, Akazien, Platanen, im Schneitelholzbetrieb Eichen, Ulmen, Eschen (Futterlaubzucht im Gebirg), Erle, Pappel, Birke (Gewinnung von Besenreis) u. a. — 2. Verjüngung: Dieselbe ist auch hier nur die unmittelbare Folge einer richtig vollzogenen Nutzung.

(Alles sonstige über die Ausschlagswaldungen im 4. Abschnitt „Betriebsarten“).

Drittes Kapitel.

Künstliche Bestandesbegründung.

Erster Teil.

Herstellung eines kulturfähigen Waldbodens. Urbarmachung.

Vorbemerkung.

Die natürliche Bestandesbegründung setzt in allen anderen Fällen, als demjenigen der Randbesamung, voraus, dass bereits Wald auf der Fläche vorhanden war; bei ihr kommt also die Frage, wie zunächst gewisse Böden in einen kulturfähigen Zustand zu bringen seien, kaum in Betracht. Dagegen sollen jetzt einige Fälle kurz berührt werden. in welchen zunächst gewisse Hindernisse einer erfolgreichen Kultur beseitigt werden müssen; es handelt sich also um die Aufforstung von Flächen, welche ohne spezielle Vorbereitung einen brauchbaren Waldbestand zu tragen unfähig wären. Im Gegensatz hiezu mögen diejenigen Operationen der Bodenbearbeitung, welche den Waldboden nicht gleichsam erst schaffen, sondern auf die Steigerung eines bereits vorhandenen Bodenproduktionsvermögens, bezw. auf besseres Anschlagen einer Mast, sichereres Gelingen einer Kultur, kräftigere Entwickelung der Bestände gerichtet sind, als unmittelbare Massnahmen der Bestandesbegründung und -erziehung betrachtet und je an betreffender Stelle (als Vorarbeiten etc.) besprochen werden. Die in Betracht kommenden Fälle („Oedland" im weitesten Sinne) sind vornehmlich: Sümpfe, Flugsand, Raseneisenstein und Ortstein, Heide, Torfmoore. Grundlegende Erörterungen in bezug auf die in den Paragraphen 30 bis inkl. 34 besprochenen Arbeiten finden sich in der „Forstlichen Standortslehre" (Handbuch, 1. Bd. II., § 55 ff.), auf welche hier verwiesen werden muss[49]).

§ 30. I. Behandlung von Sümpfen[50]): Die Frage bildet auch einen Gegenstand der Besprechung für den Forstschutz (vergl. Handbuch 2. Bd. V, § 99), weshalb hier nur einige Bemerkungen mehr allgemeiner Natur eine Stelle finden sollen. Jeder Ueberschuss an Wasser (für verschiedene Holzarten verschieden bemessen) ist im allgemeinen dem Holzwuchs nachteilig, ja macht denselben, wenn eine gewisse Grenze überschreitend, meist unmöglich. Sollen Orte mit Wasserüberschuss kultiviert werden, so ist derselbe vorher zu entfernen. Solche Orte finden sich in der Niederung, sowie in den ebenen Lagen und Becken der Gebirge; im allgemeinen erleichtert das Höhenland den Abzug der atmosphärischen Niederschläge durch seine vielfach geneigte Lage (Einfluss der Schichtung, Wasseradern etc.). Alle Entwässerungsarbeiten sind nur auf Grund sorgfältigster Begutachtung aller ihrer Vor- und Nachteile einzuleiten. Erstere bestehen — abgesehen von dem indirekten Gewinn, welcher einer Gegend aus der Vermehrung ihres Waldbestandes erwachsen kann — in der Hauptsache in der Ermöglichung oder wenigstens Steigerung der Holzproduktion, letztere in den aufgewendeten Kosten, sowie in der durch Wasserentzug etwa herbeigeführten Schädigung umliegenden Geländes. Nicht dringend genug kann gefordert werden, die gegenseitige Abwägung nicht auf das in Frage stehende Grundstück allein zu beziehen, sondern den Einfluss der geplanten Wasserstandsveränderung auf die Umgebung mit zu berücksichtigen[51]). Die Zuwachsverluste, welche hier eintreten können,

---

49) Zu vergl. überdies: Ramann, „Forstliche Bodenkunde und Standortslehre". Berlin, bei Springer, 1893, woselbst sich auch eingehende Literaturnachweise finden.

50) Vgl. Kaiser, „Beiträge zur Pflege der Bodenwirtschaft mit besonderer Rücksicht auf die Wasserstandsfrage". Berlin bei Springer 1883. Insbes. S. 46 ff. — Burckhardt, „Säen und Pflanzen", 5. Aufl. S. 513 ff. — „Aus dem Walde" VIII. von 1877, S. 66 ff. — Reuss, „Ueber Entwässerung von Gebirgswaldungen". Prag 1874. — Kraft, „Zur Entwässerungsfrage" in „Aus dem Walde" VI. S. 112.

51) Vergl. Rettstadt, „Ueber den Einfluss der Senkung von Seespiegeln auf benachbarte Forste", in „Aus dem Walde" VII. von 1876, S. 219 ff.

ergeben in Verbindung mit dem durch die Entwässerung geforderten Baraufwand sowie den Kosten der nachfolgenden Kultur oft eine Aufwandssumme, welche geeignet ist, jeden noch so hohen auf der Fläche selbst zu erzielenden Holzwert zu paralysieren, bezw. geradezu in einen finanzwirtschaftlichen Verlust umzukehren. Insbesondere hat eine solche weitere Umschau hinsichtlich der Sumpfstellen der Gebirge einzutreten. Jedenfalls sollte, wenn irgend möglich, das an einer Stelle freigegebene Wasser dem Walde nicht gänzlich entzogen werden und damit für den Holzwuchs verloren gehen, sondern zur Bewässerung trockener Partien verwendet werden, indem man es nach solchen hinleitet, in Löchern, Gräben, kleinen Sammelweihern etc. staut und damit seitliches Einsickern in den Boden, sowie reichlichere Verdunstung, also vermehrte Feuchtigkeit und hierdurch besseren Pflanzenwuchs herbeiführt. In manchen Fällen ist man offenbar mit der Entwässerung zu weit gegangen. Da und dort haben sich deren Nachteile so bald gezeigt, dass man die bezüglichen Arbeiten unterbrochen, Gräben wieder beseitigt hat u. s. w. Die „Wald- und Wasserfrage“ — von einer solchen wird mit Recht geradezu gesprochen — bildete namentlich im letzten Jahrzehnt häufig den Gegenstand eingehender Erörterungen bei Versammlungen und in der Literatur wobei stets in Hinsicht auf Entwässerungen zu äusserster Vorsicht gemahnt und der Grundsatz vertreten wurde, dass das im Walde vorhandene Wasser dem Walde tunlichst erhalten bleiben solle, demgemäss das irgendwo im Uebermass auftretende Wasser entsprechend zu verteilen, nicht aber zu entführen sei.

Erweist sich die Entfernung des Wassers, bezw. die Kultur an einer Stelle als rätlich, so sind zunächst die Ursachen des Wasserüberschusses festzustellen. Stets rührt derselbe von übermässiger (die Verdunstung und den Abfluss übersteigender) Wasserzufuhr her. Diese ist für die Folge hintanzuhalten: Dämme gegen Ueberschwemmung seitens fliessender Gewässer; oberhalb der zu schützenden Fläche anzulegende Sammelgräben zum Auffangen und demnächstiger Ableitung von Wassermengen, die an Hängen zumal auf undurchlassender Schicht herabkommen. Oder es ist der Abfluss, bezw. die Verdunstung zu beschleunigen, damit das gewünschte Verhältnis hergestellt werde. Bilden undurchlassende, nicht zu mächtige Schichten (in ebener Lage oder in Einsenkungen) das Hindernis des Wasserabzugs, so kann sich unter Umständen schon das stellenweise Durchstossen derselben als Abhilfe empfehlen. Anderenfalls müssen etwa vorhandene Wasserrinnen (Gräben, Bäche etc.) vermehrtes Gefäll erhalten, oder es sind Grabensysteme neu anzulegen. Hierbei finden offene Gräben im Walde mehr Anwendung als bedeckte (Drains hauptsächlich nur zu Entwässerung kleinerer Stellen in Forstgärten u. s. w.). Ein genaues Nivellement ist oft erforderlich, bei grösseren Objekten (Entwässerung ausgedehnterer Flächen) meist unentbehrlich. Sauggräben zum unmittelbaren Herausziehen des Wassers aus dem Boden, Verbindungsgräben, Abzugsgräben werden bei der Durchführung in geeigneter Weise zu einem Grabensystem verbunden.

In allen Fällen ist zu erwägen, ob vollständige Wegführung des Wassers (oft infolge dessen zu weit gesteigerte Trockenheit im Sommer!) an der betr. Oertlichkeit angezeigt ist, oder ob nicht vielmehr schon die Senkung des Wasserspiegels um einen gewissen Betrag die gewünschte Kultur ermöglicht. In letzterem Falle wird auf die Verbindung der Gräben mit den natürlichen Wasserabzugsrinnen (Bäche, Flüsse) verzichtet; entsprechend tief eingeschnittene Stückgräben, Löcher u. s. w. können genügen, der Wasserstand in denselben gestattet die Beurteilung des Erfolges.

§ 31. II. Flugsand[52]): Derselbe, ein feinkörniger, bindemittelarmer, vom

52) Vergl. Wessely „Der Europäische Flugsand und seine Kultur“ 1873. — „Aus

Winde leicht zu bewegender Sand, findet sich am Meere und im Binnenland. Das Meer (und ähnlich einige Flüsse) wirft fortwährend neue Sandmassen aus. Sonst ist auch wohl Entwaldung des leichten Sandbodens und anhaltendes Treiben grosser Viehherden nicht selten die Ursache der Flugsandbildung gewesen. (Event. in Moorgegenden übertrieben langes Brennen in Verbindung mit Viehtrieb.) Erst der gebundene Flugsand ist zur Waldkultur geeignet. Ob die Bindung unternommen werden soll, ist nicht nur vom forstlichen Standpunkte aus zu beurteilen, sondern erscheint meist auch als eine Frage allgemeiner Kulturinteressen. Die zur Bindung nötigen Massregeln zerfallen in die Vorarbeiten und die Deckung, demnächst die Kultur.

1. Vorarbeiten: Vermessung, bezw. Bezeichnung des zu behandelnden Areals, dabei Arrondierung, möglichst unter Anwendung geradliniger Begrenzung, ist Voraussetzung. Umgebung der Sandwehe mit Gräben und Wall zum Schutz gegen Weidvieh und Fuhrwerk. Sodann Dossieren und Planieren, bestehend in sanfter, glatter Abschrägung schroffer Ränder der ausgewehten Sandkehlen, Abrundung der Firste und Köpfe der Dünen, Ebnung und sanfte Abböschung steiler, zerklüfteter Seiten. 2. Dekkung: Dieselbe bezweckt die Beruhigung des Sandes, entweder nur mechanisch (Beschwerung durch aufgelegtes totes Material, Zurückhalten des aufgewirbelten Sandes) oder zugleich durch Anwachsen lebender Deckungsmittel, wie Rasenplaggen. Ausser solchen kommen je nach der Oertlichkeit in Anwendung beastete Kiefernstangen, Aeste, Hackreisig, Haidekraut, Schilf, Pfrieme, Seetang. Die Deckung beginnt stets auf der Windseite und erfolgt bei nassem Wetter, damit der Sand möglichst lang feucht bleibe. Flechtzäune (sog. Koupierzäune) zum Brechen des Windes und Aufhalten des bewegten Sandes haben sich oft nur schlecht bewährt und werden nur noch selten angewendet. 3. Kultur: Durch Kiefernpflanzung (Ballenpflanzen oder ballenlose Pflänzlinge mit tiefgehenden, jedoch nicht allzulangen Wurzeln — 12 bis 18 cm). Unter Umständen (besonders an den Meeresdünen) der Holzkultur voraufgehende Bepflanzung, bezw. Bindung mit Sandrohr (Arundo arenaria), Sandhafer (Elymus arenarius), Sandsegge (Carex arenaria)[53]).

Im Kreise Meppen sind, nach Erscheinen einer bezüglichen Polizeiverordnung und Instruktion, von 1871 bis 1877 1121 ha Sandwehen gebunden und davon 835 ha aufgeforstet worden; 3000 ha waren damals noch zu behandeln. Belegen des Sandes mit Gras- oder Rasenplaggen in 15 cm breiten und 4 cm dicken Streifen; netzförmiges Auslegen auf die bewurzelte Seite behufs Anwachsens. (Rasen besser als Heideplaggen, welche tiefer bewurzelt sind und nicht so leicht wachsen.) In der Regel Quadratnetze von 1 Meter Seite. (Ausnahmsweise Moosplaggen in engeren Quadraten.) Bodenbenarbung meist schon während der ersten Jahre. Reisig als Deckmittel schlecht bewährt. Netzförmige Dämpfung mit Plaggen pro ha 48—72 Mark. — Kultur mit 3—4jährigen Kiefernballenpflanzen in 1 Meter Quadrat, welche tief eingesetzt werden. Pflanzung dicht an die dem Wind abgekehrte Seite der Plaggen. Pflanzkosten pro ha 45—54 Mark, mithin im ganzen ca. 100—120 Mark.

Im Revier Streek (Oldenburg) hat sich Bindung durch totale Deckung mit Heideplaggen besonders bewährt. Pflanzung ballenloser Kiefernjährlinge mit dem Keilspaten. (Auf Flächen mit südwestlicher Exposition ist die Jährlingspflanzung oft durch zu starke

dem Walde" VIII. von 1877 S. 167 ff. — NB. In Preussen allein finden sich (cfr. Jahrbücher der preuss. Forst- und Jagdgesetzgebung und Verwaltung von 1882, S. 162) ausser den Meeresdünen 37 448 ha flüchtige Sandschollen, von denen 28 635 ha als gefährlich für angrenzende Kulturländereien bezeichnet werden.

53) Einzelheiten über Flugsandkultur z. B. in Hempels (nachmals v. Seckendorffs) Centralblatt von 1882, woselbst S. 7 ein Oberförster Wellebil eine Schlämm-Methode empfiehlt, gegen welche sich (S. 249) Forstkontrolleur Böhm ausspricht. — In ders. Zeitschrift, 1881 S. 171 ist (von Kabine) Auspflanzung von Nadelhölzern in Erdtöpfen (aus nicht gebrannter, guter Erde) empfohlen: Beweise für die mannigfachen Bemühungen, einen guten Kulturerfolg zu erzwingen.

Bodenerwärmung gefährdet.) Gesamtkosten (besonders wegen der Anfuhr der Heideplaggen) pro ha bis zu 300 Mark.

Dass speziell der Bindung und event. Bewaldung der Düne längs der Meeresküste im allgemeinen Kulturinteresse eine hervorragende Bedeutung zukommt, liegt auf der Hand. Umfängliche Arbeiten haben in dieser Richtung z. B. in Südwestfrankreich, aber auch in den deutschen Küstengebieten (z. B. Ostpreussen: kurische Nehrung u. s. w.) stattgefunden und werden mit grosser Energie fortgesetzt. Wo nicht eine sog. Vordüne, die den ersten Anprall des Meeres aufnehmen kann, bereits vorhanden ist, sucht man sie vielerorts zunächst zu schaffen (durch Errichtung von Zäunen, an welche sich der Sand anlagert); ist dieselbe hoch genug (10 m genügen meist), so wird sie mit Sandgräsern, allenfalls auch Salix repens bepflanzt und dadurch gefestigt. In sehr verschiedenem Abstand (oft erst in grösserer Entfernung) von der Vordüne zieht sich die eigentliche hohe Düne hin, bezw. die Wanderdüne, deren Festigung eine Hauptaufgabe ist: Bedeckung mit Schilf, Aesten u. s. w. Dazwischen Bepflanzung, zu welcher sich, bes. nach den auf der kurischen Nehrung gemachten Erfahrungen, oft Pinus uncinata zunächst besser eignet als Pinus silvestris. Die Pflanzstellen erhalten oft erst eine Düngung und Bindung durch eingefüllten Meeresschlick. Frischere Partien, zumal des Vorlandes (zwischen Vor- und Wanderdüne), werden mit Erle und Birke in Bestockung gebracht. In Frankreich erfolgt die Aufforstung vielfach mit Pinus maritima (oft durch Saat unter Strauchdecke).

§ 32. III. Raseneisenstein und Ortstein[54]): Die durch dieselben gebildeten Schichten beeinträchtigen den Pflanzenwuchs, indem sie das Eindringen der Wurzeln sowie des Wassers in die Tiefe (Versumpfung) und das Aufsteigen des Grundwassers aus der Tiefe hindern; mangelhafte Bodendurchlüftung tritt hinzu. Beide, Raseneisenstein und Ortstein, bilden sich, wo die Bedingungen dafür gegeben sind, fortwährend. Mittelst streckenweisen Durchbrechens jener Schichten wird die Verbindung zwischen Oberboden und Untergrund hergestellt. Beim Raseneisenstein erfolgt das Herausbrechen zumeist unter Anwendung von Spitzhaue und Rodhacke. Da sich mächtige geschlossene Raseneisensteinbänke meist in feuchten Gebieten finden, wo eine Senkung des Wasserspiegels der Kultur voraufgehen muss, da die Bearbeitung des Raseneisensteins teuer, die erzogenen Bestände oft minderwertig sind, bietet die waldbauliche Behandlung solcher Flächen häufig keinen greifbaren Vorteil. Auch beim Ortstein muss, wenn derselbe tief liegt (tiefer als ca. 60 cm), Handarbeit eintreten (Rigolen mit Stosseisen, Spaten und Hacke), wobei Heraufschaffen des Steines an die Oberfläche, Einbringen der überliegenden Bodenschicht in die Tiefe bezweckt wird. Rigolen ganzer Flächen auf diese Weise ist meist zu teuer. Man begnügt sich in der Regel mit streifenweisem Rigolen (ca. 2 Meter breite bearbeitete und etwas schmälere unbearbeitete Streifen), welches pro ha immerhin 160—180 Mark erfordert. Löcherkultur, sowie Kultur auf schmalen Streifen sind wegen des verhältnismässig raschen Nachwachsens des Ortsteins ungeeignet; sie erweisen sich keinenfalls als dauernd wirksame Massregeln. Zu unterscheiden ist das Vorkommen des Ortsteins in trockenen von demjenigen in nassen Lagen, für welch' letztere Rabattenkultur am empfehlenswertesten ist. Ist der Ortstein brüchig, nicht zu mächtig und nicht zu tief liegend, so hat man ihn mit Vorteil durch Pflugarbeit bewältigt. Auch hier meist streifenweiser Umbruch; gewöhnlich zwei Pflüge, indem die von dem Vorpfluge geöffnete Furche durch einen nachfolgenden Untergrundpflug tiefer durchgearbeitet wird. Kosten pro ha 40—80 Mark. — Grosse ebene Flächen, besonders auch noch solche mit tiefer liegendem (bis 80 cm), hartem Ortstein werden vielfach mit Dampfpflugkultur behandelt (event. Kipp- oder

54) Vergl. „Aus dem Walde“ III (1872) S. 41; IV. (1873) S. 49; V (1874) S. 192; VI (1875) S. 150; VII (1876) S. 246; VIII (1877) S. 153. — vergl. überdies: Handbuch Bd. 1, II: Standortslehre § 8. — Schimmelpfennig, „Der Dampfpflug im Dienste der Forstwirtschaft“ in der Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen V. Band (1873) S. 161 ff. — Emeis, Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen, 1876. — Müller, Die natürlichen Humusformen. — Ramann, Bildung und Kultur des Ortsteins, Zeitschr. f. Forst- u. J. 1886, S. 1.

Balancierpflüge zur Vermeidung des Umwendens). Ob sich schliesslich der Aufwand im Holzertrage bezahlt macht, ist von Fall zu Fall Gegenstand besonderer Rechnung; vielenorts scheint der Holzwuchs die Ausgabe zu lohnen[55]).

Quaet-Faslem (Hannover) berichtet in „Aus dem Walde VIII" über die Vorbereitung des Heidebodens zum Anbau von Nadelholz mittelst des Dampfpfluges, dass die Resultate im allgemeinen befriedigt haben. Er teilt mit verschiedenen Pflügen ausgeführte Parallelversuche mit, welche die Firma John Fowler u. Comp. zu Magdeburg ausgeführt hat. Unter Anwendung eines besonders konstruierten Balancierpfluges mit einem Tiefgang von 50 cm sind u. a. 140 ha streifenweise bearbeitet worden (2,5 m breite Streifen mit 1,6 m breiten Zwischenräumen), wobei die Kosten pro ha 80 Mark betrugen. Durchschnittliche Leistung pro Arbeitsstunde 0,23 ha. Heizung der zwei Dampfmaschinen pro Stunde mit ca. 2,3 Zentner Steinkohle und 0,16 Kubikmeter Stockholz (von Birke und Eiche); Wasserverbrauch derselben pro Stunde 0,5 Kubikmeter.

Das im Jahre 1893 erschienene Jubiläumswerk „Das Grossherzogtum Oldenburg und seine wirtschaftliche Entwickelung während der letzten 40 Jahre", gibt an, dass während der Zeit 1879—1891 mit dem Fowler'schen Dampfpflug zus. 2532 ha behandelt worden sind, was einen Aufwand von 184 307 Mk. an Pflugkosten verursacht hat. Kultur mit 6 650 000 Laubholz- und 30 600 000 Nadelholzpflanzen, unter letzteren 25 Mill. Kiefern.

§ 33. IV. Moore[56]): Erstes Erfordernis ist eine genaue Bodenuntersuchung (cfr. Forstl. Standortslehre, 1. Bd. II, § 39 ff.), einschliesslich der chemischen Untersuchung der Moorsubstanz. Grünlandsmoore kommen für die Waldkultur wenig in Betracht, wenigstens nicht, soweit sie bei geeigneter Behandlung gute Wiesen ergeben. Da und dort kann sich, nach der Entwässerung und Bedeckung mit Sand, Bepflanzung mit Erle empfehlen. Viel ungünstiger gestalten sich die Verhältnisse auf Hochmooren. Diese haben im allgemeinen keine Neigung, sich zu bewalden, ein Umstand, der uns mahnt, daselbst mit forstlichen Unternehmungen vorsichtig zu sein; befriedigende Rentabilität des Holzanbaues wird sich meist nicht ergeben, es sei denn, dass die Mächtigkeit des Torflagers keine zu bedeutende wäre, und man deshalb bald zu dem mineralischen Grunde gelangen könnte, mit welchem dann der Torf zu mischen ist: Rabattenanlage, indem man Gräben bis zum mineralischen Boden aushebt und letzteren auf die zwischenliegenden Beete bringt. Eine Entwässerung (bezw. Senken des Wassers), am besten durch offene Gräben (diese mit steilen Wänden), ist unter allen Umständen erforderlich (langsames, allmähliches Vertiefen der Gräben); das Moor setzt sich infolge dessen nieder (bis zu $^2/_3$ seiner früheren Mächtigkeit). Bildung einer Grasnarbe deutet auf genügenden Rückgang des Wassers. — Urbarmachung event. durch Vermittelung des Brandfruchtbaues.

Nach der Schilderung von Brünings ist die Sache im grossen Augustendorfer Moor folgendermassen verlaufen: Vermessung des Moores, Entwässerung durch Gräben als Vorbereitung. Das Feuer soll demnächst durch Zerstören des festen Fasergewebes eine zerbröckelte, erdartige Masse und damit ein erstes Keimbett bilden und durch die Hitze die Säuren neutralisieren (Bildung von Asche ist nicht die Hauptsache). Man brennt auf dem

---

55) Kraft: Zeitschr. f. Forst- u. J. 1891, 709 (Erfahrungen aus der Praxis). — Ortsteinaufforstung mit Kiefer in der preuss. Oberförsterei Nienburg (Vers. des Vereins deutscher forstl. Versuchsanstalten. 1894, cfr. Allg. Forst- u. J.Z. 1895, 26).

56) Burckhardt, „Säen und Pflanzen", 5. Aufl. S. 523 ff. — Ders., „Wald, Moor und Wild im Emslande" in „Aus dem Walde" VI, S. 1 ff. (insbes. S. 66 ff.). — Brünings, „Das Augustendorfer Moor" in „Aus dem Walde" IX (1879) S. 106. — Derselbe, „Der forstl. und der landwirtsch. Anbau der Hochmoore mittelst Brandfruchtbaues". Berlin bei Springer 1881. — Zu beachten insbes. auch die verschiedenen Rezensionen der letztgenannten Schrift, z. B. forstl. Blätter von 1882 S. 51. — Nordwestdeutscher Forstverein 1891, cfr. Zeitschr. f. Forst- u. J. 1891, N. 631. — Moore des Erzgebirgs (Forstass. Dr. Männel in Forstl. nat. Zeitschr. 1896, 301) — Moorkulturen in Dänemark (z. B. Oesterr. Forstzeitung 1893, 17, 22) — Verhandlungen des schles. Forstvereins 1894. — Baumann: Die Moore und Moorkulturen in Bayern (Forstl. nat. Zeitschr. 1894, S. 89, 295).

Moore (nicht nach vorherigem Umbruch desselben), indem nur die die Oberfläche desselben bildende Menge kleiner Hügel („Bülten") umgerissen, nebst dem Grabenauswurf ausgebreitet und angezündet werden, wobei das Feuer nur oberflächlich angreift. Dann folgt Aussaat von Buchweizen. Im nächsten Jahre wiederholtes Brennen, desgl. im dritten und vierten Jahre, stets in Verbindung mit Fruchtbau; die Bülten sind nun verzehrt und erst im fünften und sechsten Jahre kratzt man behufs erneuten Brennens Teile des eigentlichen Bodens flach auf: Wurzelgefaser, Haidehumus etc. sind nach den sechs Jahren verschwunden, durch die sechsjährige Vegetation ist neues Leben in den toten Boden gedrungen. Gebrannt wird stets mit dem Winde (sonst greift das Feuer zu tief); an feuergefährlichen Stellen erfolgt gegen den Wind ein Vorbrand. Im 7. Jahr erfolgt der forstliche Anbau mit Eiche, Fichte, Kiefer, event. Lärche und Weymouthskiefer. Gesamtkosten pro ha (Brennzeit 6 Jahre, Tagelohn 2 Mark) = 360 Mark; Ertrag (5 Jahre Buchweizen, 1 Jahr Roggen) pro ha = 900 Mark. Die Aufforstung kostet pro ha 65—70 Mark.

Zwar haben viele Moorkulturen, die in der angedeuteten Weise ausgeführt worden sind und anfänglich, oft durch 10—15 Jahre, gutes Wachstum zeigten, grosse Hoffnungen erweckt, dann aber in ihrer Entwickelung bald nachgelassen, so dass der Erfolg nur ein scheinbarer war, in Wirklichkeit aber ein Ersatz der aufgewendeten Kosten nicht entfernt zu erwarten ist. Von irgend umfangreichen Moorbewaldungen wird deshalb abzusehen sein, es sei denn, dass es sich um bereits abgetorfte Hochmoore handelt, wie solche z. B. in den nordwestdeutschen Mooren mit Holz angebaut worden sind und gute Bestände von Eichen, Fichten, Kiefern und Birken tragen. — Nach Prof. Dr. Tacke, Vorsteher der Moor-Versuchsstation in Bremen, (Zeitschr. f. Forst- und Jagdw. 1900, S. 38) kommt, zumal in Niederungsmooren, auch für forstliche Zwecke unter Umständen die Rimpau'sche Sanddeckkultur nach vorheriger Entwässerung in Frage (siehe oben); im allgemeinen aber wird auch auf den im Walde belegenen Mooren, wenn sie überhaupt benutzt werden sollen, landwirtschaftliche Benutzung vorzuziehen sein.

„Flüchtige Moorflächen (Mullwehen)[57]) sind Moorflächen, die durch eine übertriebene Benutzung oder fehlerhafte Behandlung ihre natürliche vegetabilische Bodendecke verloren haben, wo der rohe Moorboden zu Tage tritt, der dann bei trockener Witterung staubig und flüchtig, bei nasser Witterung schlammig und treibend wird". Unterschied von Sandwehen darin, dass sie auch bei feuchtem Wetter beweglich sind. Entstehung besonders durch zu ausgedehntes Haide- und Plaggenhauen oder zu langes Brennen, beides in Verbindung mit täglichem Auftrieb von Schafen in geschlossener Herde und demnächst Auffrieren des Bodens. Gefahr für umgebendes Gelände durch Ueberwehen mit Mull. — Vorbedingung der Dämpfung ist das Aufhören jeder Benutzung des Bodens. Entwässerung. Aufforsten der Mullwehen mit wenig mächtiger (bis 1 m) Moorunterlage und zwar zunächst meist durch Anpflanzung mit Birke hinter senkrecht zur herrschenden Windrichtung verlaufenden Wällen, zu welchen das Material durch Aushub von Gräben beschafft wird; diejenigen auf mächtigem Moorlager sind nach der Entwässerung zunächst mit Kräutern (Rumex), Honiggras (Holcus) etc. anzubauen (am sichersten unter Fruchtbau von Buchweizen mittelst Brennens).

§ 34. V. Unfruchtbarer Humus, d. i. ein Bodenüberzug aus nicht genügend zersetzten, bezw. zersetzbaren, aus wachs- oder harzhaltigen Pflanzenresten, welcher, rasch austrocknend und die Feuchtigkeit schlecht annehmend, den Boden verschliesst und der Entwickelung der Holzpflanzen hinderlich ist. Entfernung desselben oder Vermischung mit dem mineralischen Untergrund ist erforderlich. Hierher gehört: 1. Rohhumus[58]) aus Blättern, Nadeln, Unkräutern etc., oft dicht gelagert und für Wasser fast undurchlässig, nur mangelhaft zersetzt wegen fehlender Feuchtigkeit und Wärme. Besonders auf kalkarmen Böden. Raschere Verwesung wird durch Aufschluss, bezw. vermehrten Zutritt der Atmosphäre bewirkt, soweit nicht noch intensivere Austrocknung dadurch bedingt ist. Eventuell Entfernung desselben. Gegen die Bildung

57) Gerdes, „Die flüchtigen Moorflächen in Hannover und Oldenburg" in „Aus dem Walde" (1879) S. 159 ff. — D. in Mündener forstl. Hefte 1892, S. 130.

58) Siehe: Ramann, Anzahl und Bedeutung der niederen Organismen in Wald- und Moorböden (Zeitschr. f. Forst- u. J. 1899, S. 575). — Weinkauff, Humus oder Streuzersetzung (Forstwiss. Zentralbl. 1900, S. 456).

von Rohhumus wirkt die Erhaltung des Bestandesschlusses, Begünstigung des Tierlebens im Boden (Regenwürmer), Bodenbearbeitung, Düngung und richtige Auswahl der Holzarten (gemischte Bestände, siehe oben). 2. Stauberde, Rückstände von Flechten. Wegrechen oder -hacken derselben. 3. Heide- und Heidelbeerhumus, aus Calluna-, Erica-, Vaccinium-Arten gebildet, wachs- und gerbsäurehaltig, locker, trocken. Ebenfalls wegzurechen oder wegzuhacken. Dichte Lager unverwester Nadeln (Fichte) verhalten sich ähnlich.

Ueber die Frage der Heideaufforstung wird schon seit lange Streit geführt, d. h. insbesondere auch darüber, ob unsere ausgedehnten Heideflächen in früherer Zeit einmal Wald getragen haben oder nicht, sowie darüber, ob die Kosten etwaiger Aufforstung sich in den zu erziehenden Beständen lohnen werden. Die Debatte im einzelnen zu verfolgen, würde hier zu weit führen. Der Gedanke, die ausgedehnten Heideflächen dem Walde zu gewinnen, liegt an sich gewiss nahe. Aber Bedenken, bes. hinsichtlich der Rentabilität, lassen sich jedenfalls gegen die allgemeine Rätlichkeit der Aufforstung erheben, wenn dieselben auch hie und da übertrieben sein mögen! Die Gegner derselben gehen meist davon aus, dass die Heidefläche (auch ohne Wald) keineswegs ertragslos ist (Schafweide, Plaggen etc.). Zur Charakterisierung der verschiedenen Standpunkte sind u. a. zu vergleichen: Emeis, „Waldbauliche Forschungen", Berlin 1875; ferner Borggreve, „Haide und Wald", Berlin 1879; sodann zahlreiche Zeitschriften-Artikel, wovon viele in den forstlichen Blättern (z. B. Daube 1881, S. 2, Quaet-Faslem 1882, S. 41, mehrfache bezügliche Aeusserungen von Borggreve, z. B. 1882, S. 47, von ? im Jahrgang 1892, S. 97), andere in der Allg. Forst- und Jagdzeitung (z. B. von Emeis 1881, S. 109 — 1883, S. 42, 115 u. a.).

Tatsächlich sind schon sehr bedeutende Kosten für Aufforstungszwecke verausgabt worden; besondere Heidekulturvereine widmen sich der betr. Aufgabe, so in Dänemark, Schleswig, Hannover. In Hannover waren nach Angabe in Weise's Chronik bis 1882 bereits 2866 ha mit durchschnittlich 105 Mark aufgeforstet; weitere Angaben finden sich u. a. in dem Bericht der Hannöver. Provinzialverwaltung von 1896 (Quaet-Faslem). Im nordwestdeutschen Forstverein (1894) vertritt Jentsch die Ansicht, dass es nur unter bestimmten Voraussetzungen angezeigt sei, die Aufforstungen weiterzuführen; übrigens werden aus der Lüneburger Heide entschieden gute Erfolge gemeldet (z. B. Dr. Rebel, Forstwiss. Zentralbl. 1892, 36). — In Schleswig-Holstein sind (nach Hahn, Zeitschr. f. Forst- u. J. 1893, S. 249) in 17 Jahren vom Staat über 17 Millionen, von der Provinzialverwaltung fast 6½ Millionen Mark für Aufforstungen verausgabt und damit jährlich 530 ha kultiviert worden (Hebung des Bewaldungsprozents auf 8,9, d. i. fast um 16 % des früheren Standes). Dabei sind von Fall zu Fall alle verschiedenen Methoden der Bearbeitung und Kultur angewendet worden. — Ueber die Heide in Jütland und deren Aufforstung cfr. auch Dr. Metzger in Mündener forstl. Hefte XIII, 1898.

Es sei darauf hingewiesen, dass wohl die, bes. von Prof. Mayr empfohlene, genügsame Pinus banksiana bei den Heideaufforstungen mit Vorteil allgemein benützt werden könnte.

An dieser Stelle möge auch der Oedlandsaufforstung in weitestem Sinne gedacht werden[59]). Die Sorge für tunlichste Aufforstung des in Europa allein etwa 22000 Quadratmeilen einnehmenden Oedlandes regt sich in allen zivilisierten Ländern. Die Aufforstungsarbeiten im Karstgebiete, in West- und Ostpreussen (Kassubei), sowie sonst in Deutschland, ferner in Vorarlberg, in der Schweiz (z. B. Schweiz. Zeitschr.

59) Unter Oedland versteht man im allgemeinen diejenigen Areale, welche zwar kulturfähig sind, aber z. Z. nicht oder nur okkupatorisch benützt werden. Event. werden auch landwirtschaftlich benützte Flächen dem Oedland zugerechnet, welche einen äusserst geringen Reinertrag (0—1,20 M.) abwerfen. Letztere einbezogen hatte Deutschland 1893 rund 3,7 Mill. ha Oedland, woran ca. 700000 ha aufzuforsten wären. cfr. Grieb, Das europäische Oedland, seine Bedeutung und Kultur, 1898, bei Sauerländer. — Matthes, Vortrag bei der 28. Vers. des Thürg. Forstver. 1901, zu Coburg: Vereinsheft S. 29—46. — Preussen hatte (cfr. Mündener Forstl. Hefte Nr. XVII) allein im Besitz der Staatsforstverwaltung am 1. X. 1900 noch 34073 ha Oedland, seit 1883 sind 70856 ha erworben worden; 61620 ha waren hievon bis 1900 aufgeforstet. Beteiligt sind in erster Linie die nord-östl. Provinzen.

1893, 6), zumal im Schutzwaldgebiete, in Italien, den Pyrenäen seien als Beispiele angeführt.. Auch die Bepflanzung von Alluvionen (Hochgebirge und Ebene: Ueberschwemmungsgebiet der Flüsse), je nach den Verhältnissen mit Erle, Pappel, Akazie, Birke, auch wohl Ulme, Esche, Eiche, sei hier erwähnt[60]).

Zweiter Teil.

Saat.

Zum Gelingen der Saatkultur gehört, von Witterungseinflüssen abgesehen, vor allem gutes Saatmaterial, ein geeignetes Keimbett und sachgemässe Ausführung.

I. Saatmethode.

§ 35. A. Verschiedene Arten der Saat: Je nachdem die Saat aus der Hand oder unter Anwendung einer Maschine ausgeführt wird, nennt man sie Handsaat oder Maschinensaat. — Ausserdem werden unterschieden: 1. Vollsaat, wobei die ganze Fläche möglichst gleichmässig mit Samen bestreut wird, und 2. stellenweise Saat, bei welcher der Samen nur auf bestimmte Stellen derselben kommt. Hierher gehören: a) die Riefensaat, auch Rinnen-, Rillen-, Streifen-, Furchensaat genannt: der Samen wird auf Streifen gesäet, während die dazwischenliegenden Streifen samenfrei bleiben[61]). b) die Plattensaat, auch Plätzesaat: eine Anzahl Samenkörner kommt auf einzelne, über die Kulturfläche verteilte Plätze. Die Punktsaat, bei welcher man mit Einzelsamen (Eichel, Kastanie etc.) operiert, die (möglichst gleichmässig) auf der Fläche verteilt werden, kann füglich als ein Spezialfall der Vollsaat gelten; man spricht jedoch von Vollsaat meist nur bei kleinen Samen, deren eine Mehrzahl gleichzeitig ausgestreut wird.

Uebergänge zwischen Platten- und Punktsaat. Löchersaat, wenn die Saatplätze vertieft sind.

B. Wirtschaftliche Bedeutung der Saatarten. Wenn Maschinensaat angewendet wird, tut man es, teils um die Gleichmässigkeit der Samenverteilung zu fördern, teils um eine Ersparnis (besonders an Zeit) zu erzielen; kompliziertere und demgemäss teure Maschinen kommen meist nur für grosse Kulturflächen und für regelmässig wiederkehrende umfängliche Saaten in Betracht. Handsaat ist Regel. Maschinen (namentlich solche, deren Bewegung Spannvieh erfordert) sind überdies meist an bestimmte Eigenschaften der Kulturfläche (nicht zu geneigte Lage, Fehlen von grösseren, rasch wechselnden Unebenheiten, von Stöcken, Steinen u. s. w.) gebunden. Einfachere Säeapparate finden auch im kleinen Betriebe, zumal im Forstgarten, Anwendung. — Vollsaat (breitwürfige Saat) gibt die gleichmässigste Samenverteilung, bedingt mithin für die einzelnen Keimpflanzen von vornherein annähernd nach allen Seiten gleichen Standraum, wodurch deren normale Entwickelung, sowie in der Folge gleichmässiger Schluss des Jungbestandes und damit auch gleichmässige Deckung des Bodens angebahnt ist; sie arbeitet rasch, verlangt aber das grösste Samenquantum und, falls vorgängige Bodenbearbeitung notwendig wäre, hierfür oft verhältnismässig hohen Aufwand. Auch erschwert sie die Reinigung von Unkraut, die etwaige Jugendpflege

---

60) J. Hamm (Forstwiss. Zentralbl. 1888, 601): Aus den Waldungen des badischen Rheinthales.

61) In bezug auf diese Art der Saat werden wohl feinere Unterscheidungen gemacht, indem man von Streifensaat spricht, wenn die besäeten Bänder eine gewisse Breite haben, von Riefensaat, wenn der Same nur in schmale Linien zu liegen kommt, u. s. w. Diese an sich ja nicht unberechtigten Unterscheidungen sollen hier nicht festgehalten, bezw. verfolgt werden.

der Pflanzen durch Behacken, sowie das Ausbringen der ersten Durchforstungshölzer. Die Vorzüge und Nachteile der stellenweisen Saat folgen aus dem Vorstehenden; dieselbe bedarf z. B. weniger Saatgut (jedoch nicht im Verhältnis des wirklich besäeten zum samenfrei bleibenden Teil der Fläche, weil man naturgemäss auf den Einzelstellen dichter säet), erzeugt jedoch vielfach einen zu dichten Stand der Pflanzen und etwas ungleichmässige, von vornherein unsymmetrische Entwickelung der Jungpflanzen (seitliche Kronenausbreitung bei den Streifen, Randstämmchen der Platten). Streifensaat eignet sich oft für Anwendung von Maschinen, erleichtert am meisten die Kulturreinigung und die ersten Durchforstungen, lässt aber die Zwischenstreifen je nach deren Breite kürzere oder längere Zeit unbedeckt. Auf den Platten wird das gedrängte Aufwachsen der Pflanzen oft besonders hinderlich; rasche Deckung der zwischen den Platten liegenden Bodenpartien kann nur durch entsprechend nahes Aneinanderlegen der Platten bewirkt werden. Löchersaat kommt namentlich für trockene, der Sonne und dem Wind ausgesetzte Orte in Frage. Die Punktsaat kann (siehe oben) als Vollsaat mit grösserem Abstand der einzelnen Samen von einander betrachtet werden.

II. Saatmaterial.

§ 36. A. Beschaffung der Samen: Dieselbe erfolgt durch Selbstsammeln, durch Naturalabgabe, Tausch oder Kauf. Hat man die Wahl, so entscheidet die Samengüte im Verein mit den aufgewendeten Kosten, welch letzteren ausser dem direkten Geldaufwand auch die Sorge und Mühe bei der Beaufsichtigung des Sammelns, beim Einbringen und Aufbewahren der Sämereien zugezählt werden müssen.

1. Selbstsammeln ermöglicht geeignete Auswahl der Samenbäume, genaue Beachtung des richtigen Zeitpunktes (vollständige Reife), sorgsamste Behandlung; sie garantiert also von vornherein ein gutes und vielfach auch billigeres Material. — 2. Naturalabgabe, darin bestehend, dass bei Verpachtung der Samenernte der Pächter verpflichtet ist, zunächst als Vergütung für die ihm überlassene Nutzung ein bestimmtes Quantum des gesammelten Saatgutes zur Verwendung der Waldbesitzer abzuliefern, überhebt der besonderen Sorge für die Ernte, liefert ebenfalls frisches Saatgut. — 3. Tausch, nur ausnahmsweise. — 4. Kauf, namentlich, wenn grosse Mengen von Samen nötig sind, welche eine besondere Behandlung erfordern (z. B. Samenklengbetrieb bei Nadelhölzern). Man wendet sich dabei im allgemeinen besser an bewährte, grosse Firmen, als an kleine Händler, weil die grossen Klenganstalten im allgemeinen doch am vollständigsten über alle Mittel zur Lieferung eines tadellosen Produkts verfügen. Garantie eines bestimmten Keimprozentes ist auszubedingen. Ebenso ist die Einhaltung des Lieferungstermins, event. Stellung einer Kaution, zu verlangen[62]).

Was im Einzelfalle am vorteilhaftesten, bedarf besonderer Erwägung. Selbstsammeln empfiehlt sich in vielen Fällen, z. B. bei Eichel- und Buchelmasten, sodann namentlich bei solchen Samen, welche bald nach der Ernte zur Aussaat gelangen sollen (Ulme im Vorsommer, Tanne, Esche, Ahorn im Herbst). Kauf in der Regel (wo nicht eigene Klenganstalten des Waldbesitzers bestehen) bei Kiefer, Fichte, Lärche. Die Abhängigkeit vom Eintreten einer Mast macht sich in erster Linie bei solchen Samen geltend, die ihre Keimfähigkeit bald verlieren, mithin nicht nach längerer Aufbewahrung noch benützt werden können. — Die Samenpreise schwanken je nach dem Ausfall der Ernte bedeutend, namentlich bei denjenigen Holzarten, welche (wie z. B. gem. Kiefer) manchmal in längeren Zeiträumen nur schlechte Ernten geben, und bei denen der Bedarf an Saatgut ein grosser ist. Für 1901 war 1 kg Kiefernsamen (ohne Flügel) mit 6,00 Mark (sonst nur 3—4 M.), 1 kg Fichtensamen mit 1,60 M., Tanne 0,80 M., Lärche 4,80 M., Esche 0,50 M. u. s. w. notiert.

---

62) Unter den grösseren leistungsfähigen Klenganstalten, bezw. Samenhandlungen sind nicht wenige von bedeutendem Rufe (cfr. Forstbenutzung, 2. Bd. VI b). Eine Zentrale des (man darf wohl sagen europäischen) Samenhandels ist Darmstadt.

B. Aeussere Beschaffenheit des Samens: Das Saatgut soll möglichst rein sein, d. h. frei von die Gleichmässigkeit der Aussaat störenden Beimengungen (Hüllen z. B. der Bucheln, Flügel, Schuppen der Nadelhölzer). Bei einer Samenlieferung ist zunächst das Reinheitsprozent (der prozentische Anteil der reinen Samenkörner) festzustellen. Uebrigens Lieferung der Kastanien wegen besserer Aufbewahrung derselben oft in den Stachelhüllen. Behufs Erzielung kräftiger Pflanzen ist überdies, nach dem Vorgange der Landwirtschaft, auf vollentwickelte, grosse Samen abzuheben[63]). Inwieweit die Provenienz des Samens in Betracht zu kommen hat, ist eine Frage, die noch verschieden beantwortet wird.

Unter Bezugnahme auf die auf S. 439 über die Samengewinnung gemachte Bemerkung sei hier noch angeführt, dass Mayr (München) erst neuestens wieder (Allgem. Forst- u. J.Z. 1901, S. 403 und 405) der Frage der Herkunft des Saatgutes (Provenienz) für das klimatische Verhalten der Holzart keinerlei Bedeutung zuerkannt hat. Borggreve ist mehrfach gegen die von vielen Seiten behauptete Erblichkeit nach anerzogener, bezw. durch äussere Einflüsse entstandener Eigenschaften von Individuen aufgetreten (z. B. Forstl. Blätter 1889, S. 33: „Erblichkeit und Zuchtwahl bei Waldbäumen"); er verhält sich ablehnend gegen eine Zuchtwahl in der Forstwirtschaft, wogegen Dr. Cieslar die Berechtigung einer methodischen Zuchtwahl vertritt (1890, Wiener Kongress) und auch Rob. Hartig, Schwappach, Hempel für deren Wichtigkeit eintreten. Erst 1900 (Zeitschr. f. d. ges. Forstwesen, S. 145) hat v. Fischbach die Benutzung von Samen spät ausschlagender Exemplare zur Züchtung spätfrostharter Rassen angeregt.

C. Prüfung des Samens: In jedem Falle hat man sich alle Garantien für guten Erfolg der Saat zu verschaffen, und dazu gehört vor allem ein möglichst guter Samen; es ist deshalb durchaus berechtigt, wenn, bei dessen Kauf zumal, alle Mittel der Kontrolle angewendet werden (vielleicht schon beim Zapfenkauf durch die Klenganstalten). — Bestimmte Keimprozente sind zu verlangen: z. B. Eiche, Kastanie 70, Buche 60, Kiefer, Fichte (auch wohl Ahorn und Esche) 70, Tanne 50, Lärche 40[64]). — Eine genaue Prüfung des gelieferten Samens ist vorzunehmen; schon zur richtigen Bemessung des für eine bestimmte Fläche erforderlichen Quantums ist Kenntnis des tatsächlichen Keimprozentes erwünscht. Die Untersuchung ist durch vorher zu vereinbarende Stellen zu vollziehen, eine solche durch gut eingerichtete Samenprüfungsanstalten, welche über alle erforderlichen Hilfsmittel verfügen, ist der Prüfung durch den einzelnen Samenkäufer, dem vielleicht nur ein mangelhafter Apparat zu Gebot steht, weitaus vorzuziehen, namentlich, wenn es sich um grössere und hohen Wert repräsentierende Lieferungen handelt. Zur Orientierung in einzelnen Fällen, bei kleineren Quantitäten ist die Prüfung durch den Empfänger keineswegs ausgeschlossen. Vom Staat eingerichtete Kontrollanstalten, welche in amtlicher Eigenschaft die Prüfung nach bestimmten Normen vornehmen, bestehen jetzt an vielen Orten; so z. B. in Hohenheim (Württemberg), Zürich (Schweiz), Eberswalde, Tharand, Mariabrunn (Oesterreich), Barres-Vilmorin (Frankreich)[65]).

---

63) Vergl. z. B. Nördlinger, Krit. Blätter XLI, 2, S. 101 ff. — Baur, Forstwiss. Centralblatt von 1880 S. 605 ff. — Wenn auch der Unterschied, welchen Pflanzen aus verschieden grossen Samen (z. B. grossen, mittleren und kleinen Eicheln) anfänglich zeigen, später (nach 3—6 Jahren) mehr und mehr verschwindet, so sind doch oft die ersten Jahre (energischer Höhentrieb im Kampfe mit Unkräutern etc.) äusserst wichtig. — Badoux (Schweiz, 1895) stellt den Einfluss der Korngrösse in bezug auf die Keimkraft dahin fest, dass gross und mittelgross keinen erheblichen Unterschied zeigen, kleine Körner aber meist weniger leisten als grosse und mittelgrosse.

64) Angaben von Mittelwerten aus den in Zürich bei der Samenkontrolle gefundenen Keimprozenten enthält Schweiz. Zeitschr. 1895. Andere Befunde weichen im einzelnen, nach oben oder unten, etwas ab; im grossen und ganzen herrscht aber Uebereinstimmung.

65) Nachrichten über diese Anstalten, bezw. deren Untersuchungsergebnisse finden sich

Bei grösseren Samen und zur ersten Orientierung auch bei kleineren (insbesondere Nadelhölzern) genügt die Untersuchung einer Anzahl von Körnern daraufhin, ob der Kern die Schale ausfüllt, nach Farbe und Saftgehalt normal ist[66]). Wasserprobe bei Eicheln: man nimmt an, dass im Wasser die guten Eicheln untersinken, die schlechten obenaufschwimmen, was zwar nicht stets, aber doch im grossen ganzen zutrifft[67]). Gewissheit geben, zumal bei kleinen Samen, nur besondere Keimproben. Dieselben beruhen darauf, dass man eine bestimmte Anzahl (50, 100, 200 Körner) durch andauernd gleichmässige Potenzierung der die Keimung bedingenden Faktoren Feuchtigkeit und Wärme, bei genügendem Luftzutritt (und event. unter Abschluss oder wenigstens Dämpfung des Lichtes), zu rascherer Entwickelung veranlasst. Diese Beschleunigung ist erforderlich, damit man in kürzester Frist (vor Eintritt der Kulturzeit) den gewünschten Aufschluss erhält.

Samen mit harter, holziger Schale, wie Esche, Linde, Hainbuche, Ahorn etc., welche im Freien, wenn im Frühjahr ausgesäet, meist ein Jahr überliegen, sind für solche Keimproben ungeeignet. — Gleichmässige Temperatur ist bei den Keimproben erwünscht, namentlich sollten dieselben in Räumen vorgenommen werden, welche nicht nachts (infolge Unterbrechung der Heizung) erheblich kälter sind als am Tage. Die zu benutzenden Apparate sind vor dem Gebrauch gründlich zu reinigen, damit Pilzbildungen (Schimmel) möglichst hintangehalten werden; Tonplatten etc. werden zu dem Ende vorher ausgeglüht. Der Beginn der Keimung, sowie die Zahl der täglich keimenden Körner ist zu notieren; einzelne späte Nachkömmlinge dürfen bei der Beurteilung der Samengüte unberücksichtigt bleiben, weil solche, im Freien erst gegen den Sommer hin erscheinende und nicht mehr zu normaler Entwickelung gelangende Pflanzen für das Gedeihen der Kultur meist wertlos sind. Dass man sich, um sicher zu gehen, nicht mit einer einzelnen Probe begnügt, sondern gleichzeitig Parallelproben vornimmt, ist selbstverständlich.

Die oben angedeuteten Mittel zur Beschleunigung des Keimprozesses sind u. a. Aussaat in Scherben, deren Erde man ständig feucht erhält und die man in einen mässig warmen Raum stellt (Scherbenprobe); Einlegen des Samens in dauernd feuchte Flanelllappen (Lappenprobe) oder Filtrierpapier; Anwendung besonderer Keimapparate, wie z. B. der Hannemann'schen Keimplatte[68]) (poröse Tonplatte mit Vertiefungen zum Einlegen der Samen, steht in Wasser bis zur Höhe des Bodens dieser Vertiefungen), des Nobbe'schen Keimapparates[69]) (von einer Wasserrinne umgebener, muldenförmiger Tonbehälter zum Einlegen der Samen, von einem mit Luftöffnung versehenen Tondeckel überdeckt), der Apparate von Stainer und Grünwald[70]) (poröse mit Vertiefungen versehene Tonplatten, in Wasser liegend, mit einer Glas- oder Porzellanglocke bedeckt), des Apparates von Coldewe und Schönjahn[71]) (Auslegen des Samens auf feuchtem Sand, Bedecken mit einer Filzplatte und mit Glasdeckel), Magerstein[72]), Keimkasten von Dr.

---

u. a. in Schwz. Zeitschr. 1892, 112. — Dr. Cieslar, Zeitschr. f. d. ges. Forstw. 1899, 337. — Nobbe, Anweisung für die Ausführung von Keimkraftprüfungen, Tharander Jahrb. 1890, 103. — Aus dem Walde, 1890, Nr. 42 (Eberswalde). — Allg. Forst- u. J.Z. 1901, S. 33 (Bestimmungen für die Anstalt zu Eberswalde).

66) Nicht jeder Same, dessen Kotyledonen durch Trockenheit etwas eingeschrumpft sind, ist unbrauchbar. — Der Kern frischer Samen meist weisslich oder gelblich, bei der Esche bläulich, beim Ahorn ein grünes Pflänzchen.

67) Vergl. Dr. Grundner, „Die Ausscheidung keimfähiger Eicheln mit Hilfe des Wassers". Allg. F. u. J.Z. Mai 1887.

68) Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung von 1870 S. 153.

69) Nobbe, „Handbuch der Samenkunde" 1876 S. 507.

70) Vgl. Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung von 1884 S. 371. Beide Apparate funktionieren gut.

71) Vergl. Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen, Sept. 1886 S. 481 ff.

72) Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 1886 S. 348.

Cieslar[73]), Pfizenmayers Keimkasten[74]) (ein kleiner, blechbeschlagener, mit matter Glasplatte bedeckter Holzkasten, in welchem auf nassem Torfmull der entsprechend kleinere, aus Zinkblech gefertigte, sandgefüllte, am Boden siebartig durchlöcherte Keimkasten steht. Der Apparat wird auf den warmen (nicht überhitzten) Ofen oder Herd gestellt; er arbeitet rasch und genügend sicher: für schnell vorzunehmende Proben zu empfehlen.) Keimapparat von Entel[75]) (Vertiefungen eines in einem Wasser enthaltenden Blechkasten eingesetzten Gipsblockes nehmen die Samenkörner auf) u. s. w. (Besonders rasch keimen die Samen in den andauernd gleichmässig warmen Darr-Räumen der Klenganstalten).

Dauer der Keimkraft: Bei der Aussaat ins Freie ist das Keimprozent wegen der ungünstigeren Bedingungen stets geringer, als bei der Probe im Zimmer. Nicht einmal im Forstgarten, geschweige denn auf den grossen Kulturflächen, erhält man auch nur entfernt so viele Pflänzlinge, als dem Keimprozent und der angewendeten Samenmenge entsprechen würden (Versuche der Züricher Versuchsanstalt). Ueberdies nimmt die Keimkraft bei älterem Samen auch bei sorgfältigster Behandlung meist rasch ab (bei Ulme innerhalb weniger Tage, bei Tanne bedeutender Rückgang schon im ersten Winter; länger als ein Jahr ist im allgemeinen nur der Same von Kiefer und Fichte noch genügend leistungsfähig, event. bis ins 2., 3., ja 4. Jahr, dann aber auch nur unter starkem Verlust an keimfähigen Körnern. Vergl. auch Forstbenutzung).

III. Das Keimbett.

§ 37. Vorbemerkungen: Da bei der Keimung Feuchtigkeit, Wärme und Sauerstoff der Luft zusammenwirken, so muss der Samen bei der Aussaat in Verhältnisse gebracht werden, welche ihm die möglichst ungestörte Wirkung dieser Faktoren darbieten. Lichtabschluss wirkt begünstigend. Anhaltende Trockenheit sowie Frost sind dann besonders schädlich, wenn sie im Zeitpunkte der beginnenden Keimung eintreten. Gegen alle schädigenden Einflüsse kann, soweit sie sich in mässigen Grenzen halten, also z. B. die Trockenheit nicht zu lange andauert, der Frost nicht zu heftig auftritt, das Umgeben des Samenkornes mit lockerer Erde Schutz gewähren. Ueberdies ist es für das sofortige Anwachsen des zuerst aus der Hülle hervorbrechenden Würzelchens erforderlich, dass es baldigst mineralischen Grund erreicht.

Herstellung eines guten Keimbettes: Alle hierauf gerichteten Massregeln haben ihren Grund in den vorangedeuteten Bedingungen einer raschen, sicheren Keimung. Der Kulturkostenaufwand wird durch derartige Vorarbeiten stets mehr oder weniger bedeutend erhöht, weshalb sorgfältigst zu erwägen ist, ob dieselben nötig sind, bezw. die gedeihliche Entwickelung der jungen Saat so fördern, dass sich die Ausgabe lohnt. Die billigsten Mittel, welche uns den Zweck erreichen lassen, sind zu wählen. Dabei ist aber wohl zu beachten, dass — so sehr auch die Kulturkosten das Konto des zu erziehenden Bestandes belasten — doch nicht am unrechten Orte gespart werden darf. Anfänglich billige Kulturen werden oft durch die erforderlichen Nachbesserungen zu teueren, oder die zweifelhafte Entwickelung des geschaffenen Bestandes bedeutet einen Verlust, der den Kulturkosten zugeschlagen werden muss. Statische Erwägung ist hier besonders angebracht. Die bezüglichen Operationen bestehen (je nach den Umständen) in der Entfernung eines zwischen dem zu Boden fallenden Samenkorn und dem mineralischen Grund eingeschobenen oder die Keimpflanzen demnächst benachteiligenden Bodenüberzugs, in der Auflockerung des Bodens da, wo derselbe zu fest

73) Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 1890 S. 251.
74) Allg. Forst- u. J.Z. 1893, S. 17.
75) Forstw. Zentralbl. 1897, S. 335.

gelagert ist, und auch wohl ausnahmsweise in Herbeischaffung des für die Keimung geeigneten Bodens an Stellen, wo solcher fehlt.

A. Entfernung eines hinderlichen Bodenüberzugs: Eine lichte Grasnarbe oder dünne Decke aus Laub, Moos, Kräutern (auch Heide, Beerkraut), unter welchen der Boden, genügend locker, sich einigermassen frisch erhält, ist im allgemeinen der Saatkultur förderlich. Fehlt dieser Ueberzug (als Beweis eines lebendigen tätigen Bodens), wie nicht selten auf trockenen, steilen oder sandigen Orten, so hat man öfter mit Erfolg versucht, denselben erst zu gewinnen, indem man die Fläche einige Zeit hindurch vollständig sich selbst überlässt. Als allgemeine Massregel ist dies jedoch wegen der Gefahr weitergehender Aushagerung des Bodens, Zerstörung der Krümelstruktur desselben nicht anzuraten. Schädlich wirkt dagegen jede jenes Mass überschreitende Bodendecke, also insbesondere eine zusammenhängende dichte, hohe Laub- oder Nadelschicht, zumal wenn dieselbe sich infolge ungenügender Streuzersetzung als Rohhumus charakterisiert, ferner ein festgeschlossenes Polster von Moos und Gräsern oder ein massiger Ueberzug von Farnkräutern, Heide, Heidelbeere, Himbeere, Brombeere, Epilobium, Senecio, Digitalis u. s. w. Die Entfernung eines solchen Ueberzugs ist meist nur eine teilweise, auf stellenweise Saat berechnete (Bodenvorbereitung für eine Vollsaat würde zu teuer!). Die Bearbeitung erfolgt 1. bei Laub und Moos mittelst des Rechens (event. besondere kräftig gebaute Waldrechen), auch wohl, bei besonders mächtigen Laubschichten, mittelst Pflügens (Vogelsberg), oder bei Moos auch durch Ausraufen; auch Unterhacken der oberen Schicht und dadurch Mengung mit dem Mineralboden kommt in Frage; 2. bei Gras, Heide, sonstigen Forstunkräutern durch Ausraufen (bei feuchtem Wetter, lockerem Boden; Stehenlassen einzelner Heidestengel behufs Beschirmung der Keimpflanzen), durch Anwenden von Sichel, Sense, Heppe, Beil, Scheere etc.[76]) oder eines Riefenabschneiders[77]); 3. bei Sträuchern durch Abhauen mit dem Beil oder Abschneiden mit der Durchforstungsscheere, oder Ausstocken (Schwarzdorn), wenn man vollständige Entfernung wünscht. Auch Abbrennen kann unter Umständen angewendet werden und fördert rasch; Bedingungen für dasselbe sind: mässig trockenes Wetter, nicht starker Wind, Trockenheit des Bodenüberzugs (Heide, Gras etc. im Frühjahr, im Stand; Kräuter nach vorherigem Abmähen und Abwelken); alle Vorsichtsmassregeln (nackte Streifen um die Brandfläche, Aufgebot von Mannschaft etc.) sind dabei vorzukehren, damit ein Uebergreifen des Feuers ausgeschlossen ist.

B. Bodenlockerung: Dieselbe hat nicht weiter zu gehen, als dass eine für den Kulturerfolg genügende Anzahl von Samenkörnern mit dem mineralischen Boden in hinreichend innige Berührung kommt, um sich zunächst zu guten Keimpflanzen zu entwickeln, und dass letzteren dann in dem gelockerten Boden vor allem die Bildung eines normalen Wurzelsystems ermöglicht ist. Bodenlockerung erhöht übrigens die Gefahr des Ausfrierens. Die Mittel der Lockerung sind für Vollsaat und stellenweise Saat verschieden.

1. Vollsaat: a) Umbrechen durch Schweine: in vielen Fällen vollkommen hinreichend, oft ohne Aufwand zu bewerkstelligen. Die Schweineherde ist in mässigem Tempo, ohne längere Zeit an einem Platz zu verweilen, über die Fläche zu treiben: Vertilgen von Insekten, Mäusen etc., b) Kurzhacken des Bodens, c) Anwendung einer Egge, d) Anwendung eines Pfluges.

---

76) Zum Teil eigens für diesen Zweck konstruierte Instrumente; vergl. Beil, „Forstw. Kulturwerkzeuge u. Geräte", sowie die bezüglichen Kapitel der grösseren Waldbauschriften, z. B. Heyers Waldbau, 3. Aufl. S. 88 ff.

77) „Der Riefenabschneider" von Kehrein. Allg. F. u. J.Z. von 1878 S. 37.

ad c) Ausser der gewöhnlichen Feldegge kommen in Tätigkeit: die sog. Strauchegge, bei welcher die Enden eingelegter Reisigbündel die Bodenverwundung besorgen, für nicht zu dicht benarbten Sandboden, auf welchem Kiefernsaat ausgeführt werden soll, oft vollkommen genügend; die dreieckige Egge, die Kettenegge (aus einer Anzahl einzelner mit Zinken versehener und durch kurze Kettenstücke verbundener kleiner Platten bestehend — beweglich), wie z. B. die Waldegge von Laake (Oesterr. Forstzeitung 1889, 8), eine Kettenegge mit auswechselbaren Zähnen; neuestens die Federegge [78]) (mit beweglichen Zähnen). Eine gut arbeitende Egge (nach Oberforstmeister Hahn, Zeitschr. f. Forst- u. J. 1892, 457) mit rückschlagenden Löffelzinken ist die Ingermann'sche Waldegge. Stöcke, Steine, Wurzeln etc. bieten der Arbeit der Egge Hindernisse; gegen letztere sucht die Kettenegge und die Federegge anzukämpfen. — ad d) Waldpflüge sind in mannigfacher Gestalt konstruiert worden. Es sind teils Karren- oder Räderpflüge, teils Stelz-, teils Schwingpflüge im Gebrauch. Neben gewöhnlichen Pflügen kommen auch Untergrundpflüge (tiefere Lockerung) zur Benutzung. Beispiele: Der Waldpflug, sowie der Untergrundpflug von Alemann [79]), der Waldpflug von Eckert [80]), derjenige von Erdmann [81]), von Osterheld (zur furchenweisen Bodenbearbeitung behufs Aufnahme der Buchelmast) [82]), von Bötzel [83]).

Als ein besonderer Fall der Anwendung des Pfluges möge hier der Kiefernanbau auf Pflugwällen (preuss. Oberförsterei Dobrilugk) erwähnt werden [84]), als dessen Vorbereitung durch das Ausheben vertiefter Pflugfurchen zwischen denselben wallartige Erhebungen gebildet werden; auf letzteren wird kultiviert. Allgemein sind auf undurchlassendem Boden die Pflugfurchen nicht selten zu nass.

Die volle Bodenbearbeitung ist (vom Schweineeintrieb und allenfalls von der oberflächlichen Verwundung eines ebenen, mit kurzem Gras überkleideten Bodens durch die Egge abgesehen) meist zu teuer, als dass sie ohne übermässige Belastung der Wirtschaft ausgeführt werden dürfte. Eventuell wäre, wenn man sich nicht mit stellenweiser Saat begnügen will, von der Saat überhaupt Abstand zu nehmen und zur Pflanzung überzugehen. — Spezialfall des Waldfeldbaues (vergl. VI c des Handbuchs Band 2.).

2. Stellenweise Saat. Für diese tritt vorgängige Bodenbearbeitung (wenigstens für Riefen- und Plattensaat) fast immer ein; die Kultur muss, da sie auf einzelne Teile der Fläche beschränkt ist, auf diesen in ihrem Erfolg durch besondere Sorgfalt möglichst gesichert sein. Der Aufwand für die Bodenbearbeitung ist hier entsprechend geringer, als wenn die betreffenden Arbeiten auf der ganzen Fläche durchgeführt würden.

a) Riefen: Die Richtung derselben ist in der Ebene meist nur bedingt durch die Wege, auf welche die Streifen zur Erleichterung der Holzausbringung bei den Reinigungen und ersten Durchforstungen unter einem annähernd rechten Winkel aufstossen sollen, sowie allenfalls durch die Windrichtung, indem es als zweckmässig gelten kann, dass der Wind tunlichst senkrecht auf die Saatstreifen trifft, nicht aber dieselben in ihrer Längserstreckung bestreicht. An Hängen führt die Rücksicht auf die Holzausbringung zur Anlegung der Streifen oft geradezu in der Richtung des grössten Gefälles (Einmündung in die Tal- und Hangwege), während hierdurch freilich die Gefahr des Abschwemmens (der Samen, Pflänzlinge, Bodenkrume) herbeigeführt wird, und sich aus diesem Grunde eine horizontale Lage der Riefen empfiehlt (mit Anhäufung des Abraumes am unteren Streifenrand). Eine geeignete Vermittelung wird nicht selten

78) Vergl. über diese und einige andere Waldeggen von Alten's Aufsatz in Danckelmanns Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen 1886, S. 375 ff. — vergl. auch Allg. F.- u. J.-Z. von 1879, S. 262.

79) Alemann, „Ueber Forstkulturwesen", 3. Aufl. S. 25 ff.

80) Allg. Forst- u. Jagdzeitung von 1869, S. 481.

81) Daselbst 1866, S. 327.

82) Forstwiss. Zentralbl. 1900, 131.

83) Holz-Verkaufsanzeiger, 1893, 12.

84) Zeitschr. f. Forst- u. J. 1888, 413.

durch eine die Richtung des grössten Gefälles in schiefem Winkel durchschneidende Erstreckung der Streifen gefunden. Den vom Wasser (Platzregen, Schneeabgang etc.) drohenden Gefährdungen kann einigermassen auch durch Unterbrechung der Streifen (sog. Stückrinnen) begegnet werden. — Breite der Riefen hauptsächlich abhängig vom Unkrautwuchs auf den zwischenliegenden Streifen: die jungen Pflanzen dürfen von der Seite her nicht überlagert und unterdrückt werden; durchschnittliche Breite 25 bis 40 cm. — Abstand der Riefen von Rand zu Rand meist $^3/_4$—$1^1/_2$ Meter, bei langsamwüchsigen Holzarten und zur Erzielung eines raschen Bestandesschlusses am geringsten. — Herstellung der Riefen: oft, zumal in sehr unebenem Terrain, nach dem Augenmass, sonst Abstecken unter Anwendung von Pflanzschnur etc. Entfernung des Bodenüberzuges. Lockern des mineralischen Grundes (mit Hacke oder Pflug), event. Bildung eines erhöhten Aufwurfs (und demnächstige Saat auf die erhöhten Streifen, damit die jungen Pflanzen nicht von Laub etc. überdeckt werden; besonders an Hängen). Die Kosten betragen bei Anfertigung mit der Hacke pro ha (bei 0,3 m Breite und $1^1/_4$ m Abstand der Riefen) im ganzen 30—40 Taglöhne.

b) Platten: Die Grösse und Entfernung derselben (von Mitte zu Mitte) ist abhängig von der Entwickelung der Keimpflanzen, Art des Unkrautwuchses, vom Eintritt des Bestandesschlusses; mittlere Grösse 0,25 □Meter und mittlere Entfernung 1—$1^1/_2$ Meter. Die Platten erhalten meist eine quadratische Gestalt, werden auch wohl kreisförmig oder als der Quadratform sich annähernde Rechtecke angelegt. — Anfertigung: Abräumen des Bodenüberzugs, Lockern des mineralischen Grundes (mit Hacke oder Kreisrechen[85]).

C. Herbeischaffen von Kulturerde. Für den Zweck einer Saatkultur (z. B. zwischen die Steine in Steinräuhen etc.): gute Walderde, Kompost, Rasenasche. Die Massregel ist, weil teuer, möglichst zu vermeiden; nur ausnahmsweise und für kleine Flächen kommt sie in Betracht.

IV. Vollzug der Saat.

§ 38. A. Saatzeit. Abgesehen von denjenigen Holzarten, deren Samen, weil ihre Keimkraft rasch verlierend, baldigst in den Boden gebracht werden müssen (z. B. Ulme sofort nach der Reife, Ende Mai, Anfang Juni; Herbstsaat bei der Tanne), kann man im Herbst und im Frühjahr säen. Die Frühjahrssaat bildet im allgemeinen die Regel[86]). Bei der Herbstsaat — (nach welcher im Frühjahr die Keimung zwar zeitiger erfolgt, so dass die jungen Pflanzen noch verhältnismässig viel von der Winterfeuchtigkeit vorfinden und sich im ersten Sommer schon kräftig entwickeln können) — ist die Gefahr einer Einbusse an Samen (Verderben im Boden, Frass durch Vögel, Mäuse etc.)

85) Vergl. Beil, „Kulturwerkzeuge“ Fig. 90—96.

86) Speziell findet sich meist die Vorschrift, man solle recht früh säen, um von der Winterfeuchtigkeit möglichst zu profitieren. Zu beachten ist aber, dass für die Entwickelung der Samen auch eine gewisse Wärmemenge Bedingung ist, und dass eintretende Kälterückschläge die Keimung sehr ungünstig beeinflussen können. Im allgemeinen hat es keinen Wert, vor April zu säen: vergl. auch v. Alten, „Wie wirkt die Saatzeit . . .?“ in Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1887, S. 10 ff. Derselbe hatte — Revier Kupferhütte, Reg.-Bez. Hildesheim — mit Forche die besten Erfolge bei der Aussaat Mitte April: Die Frage muss örtlich, durch mehrere Jahre hindurch und in Ausdehnung des Versuchs auf verschiedene Holzarten untersucht werden. Insbesondere darf daran erinnert werden, dass sich für Gebirgslagen als beste Saatzeit nicht selten erst Mai oder Juni ergeben; in eigentlichen Hochlagen ist frühere Aussaat oft gar nicht möglich. Uebrigens wird für trockene steile Hänge, zumal fürs Gebirge, auch Schneesaat (Ausstreuen des Samens auf die Schneedecke) empfohlen: cfr. G. Rassl in Oesterr. Forstz. 1888, 45.

und diejenige einer Schädigung der früh erscheinenden Pflänzlinge durch Spätfröste grösser. Rücksicht auf Arbeitskräfte, Kürze der verfügbaren Kulturzeit im Frühjahr, namentlich in höheren Lagen, in welchen der Boden lange mit Schnee bedeckt ist, ferner Unmöglichkeit der Aufbewahrung des Samens durch den Winter können gleichwohl zur Herbstsaat veranlassen. Bei der Entscheidung ist nicht ausser acht zu lassen, dass nach weit hinausgezögerten Frühjahrssaaten doch die Keimlinge nicht selten, bevor sie einigermassen erstarkt sind, durch Trockenheit und hohe Temperaturen zu leiden haben; ferner dass bei der Herbstsaat das Ueberliegen des Samens ins nächste Jahr (Ahorn, Esche) bei einer Mehrzahl von Körnern fortfällt, was erwünscht sein kann. Eine allgemeine Vorschrift lässt sich in bezug auf die Saatzeit nicht geben.

B. Erforderliche Samenmenge. Dieselbe ist abhängig von der Qualität des Samens, dem Saatverfahren, dem gewünschten Mass der Bestandesdichte, damit in Zusammenhang der Art der Vornutzungen, der Bodenvorbereitung.

1. Qualität des Samens. Nicht für sich, sondern nur in Verbindung mit der geforderten Bestandesdichte ist jene entscheidend: man wünscht pro ha eine gewisse Anzahl Pflanzen, kennt das Keimprozent (nicht das durch die Keimprobe ermittelte, sondern das tatsächliche, bezw. unter Beachtung des bekanntlich oft sehr grossen Abgangs etc. ist massgebend), die durchschnittliche Zahl der Körner pro Raum- oder Gewichtseinheit, so dass eine Feststellung der erforderlichen Samenmenge möglich wäre. In einer solchen Berechnung, die immerhin zur Orientierung vorgenommen werden mag, ist gerade der Abgang ein wichtiges, jedoch äusserst schwankendes Element, da derselbe nicht nur durch die Ausführung der Saat, sondern namentlich durch Witterung, schlechten Bodenzustand, Tierfrass etc. sehr stark und in gar nicht vorauszusagender Weise beeinflusst wird. Direkte Versuche hierüber liegen von der schweiz. Versuchsanstalt vor (Mitt. der schweiz. Zentralanstalt für Versuchswesen, Bd. I), sind aber im Forstgarten ausgeführt, weshalb die Ergebnisse, auf die Freilandfläche übertragen, wohl noch einer weiteren Reduktion bedürfen: 1 g Fichtensamen hat beispielsweise im Durchschnitt nur 40 2jährige Pflanzen geliefert, d. h. nur von ca. 25% der Samenkörner. — Oertliche Erfahrung gibt die Samenmenge übrigens weit zuverlässiger. — 2. Saatverfahren: Vollsaaten bedürfen mehr Samen (cfr. I, B, S. 467). — 3. Mass der Bestandesdichte: bei langsamwüchsigen, empfindlichen Holzarten säet man im allgemeinen dichter, desgleichen auf geringem Standort, sowie da, wo Unkrautwuchs, Auffrieren etc. zu fürchten ist (vgl. § 22). Zu dichte Saaten sind oft ein ebenso grosser Missstand wie zu lichte; tatsächlich wird häufig zu dicht gesäet! — 4. Art der Vornutzungen: dichte Saaten (nicht zu dicht, damit die Einzelpflanzen gehörig erstarken können!) ermöglichen die Entnahme reichlichen Materials für Pflanzkulturen (event. Verkauf schätzbare Vornutzung!). — 5. Bodenvorbereitung: je sorgfältiger dieselbe ist, um so günstiger die Bedingungen des Keimens, um so mehr kann also an Saatgut gespart werden.

Durchschnittliche Zahlenangaben[87]):

a) Anzahl der Samen pro Mass-, bezw. Gewichtseinheit[88]):

Eiche pro hl (= 80—100 kg) 18000—25000 Stück. — Buche pro hl (= 50 kg)

---

87) Zu vergleichen hier und in betreff des gesamten Kulturbetriebes die Zahlenangaben in dem Forst- und Jagd-Kalender von Judeich und Behm, in Hempels Taschenkalender für den österr. Forstwirt und in den verschiedenen Waldbauschriften. — Alle angegebenen Zahlen können nur einen ganz ungefähren Anhalt liefern und sind für den konkreten Fall event. zu modifizieren.

88) Vergl. Baur im forstwiss. Zentralblatt von 1880, S. 341. — Hess, Encyklopädie und Methodologie 1888, II, 1 (S. 61). — Heyer, Waldbau, 4. Aufl. 1893, S. 164/165. — Handbuch, II, Forstbenutzung.

150 000—200 000 Stück. — Gem. Kiefer (ungeflügelt) pro kg 150 000 Körner. — Fichte pro kg 150 000 Körner. — Tanne pro kg 22 000 Körner. — Lärche pro kg 160 000 Körner.

b) Samenmenge pro 1 ha bei Vollsaat:

Eiche 7—15 hl. — Buche 3—6 hl. — Gem. Kiefer (ohne Flügel) 6—8 kg. — Fichte 8—10 kg. — Tanne 40—60 kg.

c) Bei Riefensaat kann das Quantum durchschnittlich auf etwa $^1/_2$—$^2/_3$ desjenigen der Vollsaat vermindert werden.

C. Beförderung der Keimung: Mehrfach ist die Frage erwogen worden, ob man nicht durch besondere Behandlung der Samen vor der Aussaat deren Keimen beschleunigen und dadurch vielleicht über gewisse Misslichkeiten (schlechtes, unregelmässiges oder verzögertes Keimen infolge langen Liegens im Boden etc.) hinauskommen könne. Als einfachstes Mittel erscheint das Anquellen des Samens in Wasser einige Tage vor der Aussaat. Ich möchte aber für den Kulturbetrieb im grossen dazu nicht raten, weil — abgesehen von der Umständlichkeit des Verfahrens und der Erschwerung der Aussaat — der aufgelaufene Samen, wenn nach der Saat eine Periode der Trockenheit oder Kälte folgt, zu leicht (meist weit mehr als nicht gequollener) notleidet.

Für den Forstgarten, wo man auf kleinem Raum die Aussaat konzentriert und, wenn nötig, jederzeit beispringen kann (Bedecken der Beete, Begiessen etc.), mag eher einmal von jener Hilfe Gebrauch gemacht werden (z. B. bei Verwendung älteren Samens, bei verzögerter Aussaat u. s. w.). Durch Anwendung chemischer Agentien (Chlorwasser, Kalkwasser, verdünnte Säuren etc.) hat man überdies versucht, die Samenhülle zu lockern und dadurch die Keimung zu befördern; sicherstehende Resultate sind nicht zu verzeichnen. Denn wenn z. B. auch Vonhausen (Allg. F.- u. Jagd-Zeitung von 1858, S. 461 und 1860, S. 8), sowie Hess (Zentralblatt für d. ges. Forstwesen 1875, S. 462) für Nadelholzsamen gute Erfolge hatten, so haben andererseits gelegentlich angestellte Proben der württemberg. Versuchsstation zu greifbaren Ergebnissen nicht geführt. — Ulmensamen wird bei der Aussaat zweckmässig mit feuchtem Sand vermischt. — Für die Nüsse von Pinus cembra wird Vorkeimen in Gruben empfohlen (Hallbauer in Allgem. Forst- u. J.-Z. 1891, 439): in eine mit Stroh belegte, mit einem den Luftzug vermittelnden Quandel versehene Grube werden im Herbst die Nüsse, mit Sägespänen vermischt, eingebettet; im Mai haben dieselben ihre kleinen Keime ausgetrieben und kommen ins Saatbeet, wo die Keimpflanzen nach 14 Tagen aufgehen. — Vorkeimen der Juglans- und Carya-Nüsse in Gruben oder in Haufen über der Erde unter Behandlung mit Sand, Mist, Jauche[89]).

D. Die einzelnen Saatmethoden. 1. Vollsaat: Dieselbe erfolgt meist aus der Hand. Grössere kompliziertere Säemaschinen kommen für Vollsaaten beim Forstkulturbetrieb wenig in Anwendung, denn sie sind nur auf ebenem Boden ohne Hindernisse, wie Steine, Stöcke etc. zu gebrauchen; ihre Anschaffung könnte nur etwa für ausgedehnte Nadel-Waldungen (Kiefer) der Ebene in Frage kommen, doch ist auch hier oft das jährlich zu bewältigende Objekt und damit die bei der Arbeit zu erzielende Ersparnis zu gering im Vergleich zu den Anschaffungskosten. Bei der Handsaat sind geübte Arbeiter zu verwenden (die Zahl derselben in maximo bestimmt durch die Forderung ständiger Kontrolle seitens des Schutzbeamten). Abstecken der Saatgänge, an Berghängen horizontal, Vorrücken von oben nach unten; in der Ebene oft Teilung des Samenquantums und Besäen der Fläche in zwei Richtungen (in die Länge und in die Quere). Unterlassen der Saat bei starkem Wind. Bei Mischsaaten (z. B. Kiefer und Fichte) Ausstreuen der verschiedenen Samenarten nicht in Untermengung, sondern nacheinander (zur Erzielung einer gleichförmigen Mischung). — 2. Stellenweise Saat: Gleichmässige Verteilung des Samens in den Riefen und auf den Plätzen ist zu erstreben. Nicht immer werden die ganzen Streifen besäet, sondern ab und zu auf den-

---

89) Brecher, Allg. Forst- und J.-Z. 1887, 362. — Gericke (Zeitschr. f. F. und J. 1888, 509).

selben erst noch besondere Furchen (Rillen, Riefen, Rinnen) zur Aufnahme des Samens gefertigt. Nicht zu dicht säen! Aussaat aus der Hand, oder, auf günstigem Terrain, unter Benutzung von Säeapparaten bezw. -Maschinen zur Erhöhung der Gleichförmigkeit des Ausstreuens und Förderung der Arbeit. Zu den einfachen Apparaten, welche von Arbeitern getragen werden, gehören z. B. das Säehorn und die Saatflinte[90]; zu den (bei Kiefernsaat zu benutzenden) Maschinen — grossenteils nach Art von Schiebkarren, event. durch Vereinigung von Druck und Zug, von Arbeitern zu bewegen —, z. B. die älteren von Runde, Gohrisch, Göhren, ferner die Sack'sche Säemaschine, eine zweiarmige Handdrillmaschine[91]), die Waldsäemaschine von Pollack (Oesterr. Forstztg. 1895), bei welcher das rotierende Rad eine Schüttelvorrichtung in Bewegung setzt, u. a., sowie die kompliziertere und teuere (Preis 140 Mk.), aber in ihren Leistungen behufs Bewältigung grosser Flächen in der Ebene, gute Maschine von Drewitz[92]). Als Maschine für Plattensaat ist der „Plattensäer" von Zitny[93]) empfohlen.

E. Unterbringen und Bedecken des Samens: Die Bedeckung mit Erde (zum Schutz gegen Frost, Austrocknen, Tierfrass etc.) ist für grössere Samen im allgemeinen stärker als für kleine, desgl. darf sie stärker sein für solche, welche beim Keimen die Kotyledonen unter der Erde lassen. Das Maximum soll aber selbst bei Eicheln, Juglans- und Carya-Nüssen, Kastanien 10 cm nicht überschreiten; Bedeckung bei Nadelhölzern, wie Kiefer, Fichte etc. nur etwa 3—10 Millimeter, event. nur ganz leichtes Vermengen mit der Bodenkrume. In bezug auf die zweckmässigste Bedeckungshöhe sind mehrfach exakte Versuche angestellt worden, wie z. B. von einer Reihe forstlicher Versuchsanstalten (Württemberg, Schweiz etc.); die als deren Ergebnisse gemachten speziellen Angaben können nur als durchschnittliche betrachtet werden, weil im einzelnen Falle eine ganze Reihe von Faktoren mitwirkt, wie Bodenart und Bodenzustand, Bedeckungsmaterial (Komposterde, Erde mit Sägespänen oder Torfmull gemischt, Rasenasche, gewöhnliche Erde) und vor allem die Witterung. Auf einigermassen bindigen Böden kann ein starker Regen ein Verschlämmen, eine Verkrustung der Oberfläche bewirken, derart, dass selbst eine ganz mässige Bedeckung das Hervorbrechen der Keimlinge aus kleinen Samen hindert, während ohne solche Schädigung eine etwas stärkere Bedeckung vielleicht günstiger gewesen wäre. 1. Vollsaat: Anwendung der Egge, event. auch Handarbeit (Rechen), Uebererden, Auftrieb von Viehherden. — 2. Stellenweise Saat, und zwar bei Riefen: Pflug (Eichelsaat), ferner besondere Maschinenteile (Rechen) an den Säemaschinen, Handarbeit (Hacke, Rechen); bei Plätzesaat event. Anwendung des Kreisrechens.

§ 39. F. Pflege der Saatkulturen: Es handelt sich um den Schutz der Samen und demnächst denjenigen der Keimpflanzen, sowie um die erforderlichen Saat-Nachbesserungen. I. Schutz der Samen ist vor allem zu gewähren gegen Tiere (siehe Forstschutz); gegen Hitze und Frost schützt das Bedecken. II. Die Keim-

90) Bando, „Saatflinte und Säehorn" in Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen von Danckelmann 1869 S. 449.

91) Voigt, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1888.

92) Bernhardt in Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1874 S. 285. — Roloff, „Allg. Forst- und Jagd-Zeitung" 1876 S. 48. An letztgenannter Stelle wird berichtet, dass die Maschine auch auf geneigtem Terrain verwendbar ist. 2 Arbeiter ziehen, 1 Arbeiter führt dieselbe. Am besten auf mittelbindigem Boden, nicht gut auf festem oder ganz lockerem und nicht gut bei einem an die Werkzeuge sich festhängenden Boden. Abhängigkeit auch vom Wetter (Regen bei lockerem Sandboden oft günstig, nachteilig bei vielen Vertiefungen, wie Stocklöchern u. s. w.) Ersparnis an Samen, nicht an Arbeit. Kosten der Aussaat (reiner Arbeitsaufwand) pro ha 2—3 Mark. Sorgfältige Bodenbearbeitung ist erforderlich.

93) cfr. Hempel, „Zentralblatt für das ges. Forstwesen" von 1882 S. 61 ff.

pflanzen sind zu behüten vor Unkrautüberlagerung, Wild und Weidevieh, Hitze und Frost. 1. Gegen Unkraut: Vollsaaten werden unter Umständen durch Schafauftrieb gesichert, wobei davon ausgegangen wird, dass die Schafe die Holzpflanzen (bes. Fichte und Kiefer) verschonen. Ausschneiden des Unkrautes zwischen Riefen und Plätzen; dasselbe kommt nicht selten als willkommenes Viehfutter zur Verwendung, doch ist dessen Entnahme aus dem Walde insofern bedenklich und nicht zu empfehlen, als damit eine Menge von Mineralstoffen dem Waldboden entzogen sind, die, wenn das Unkraut auf der Kulturfläche verrottet, demselben wieder zu gut kommen; im Winter gewährt übrigens der auf den Flächen lagernde Abraum oft den Mäusen guten Unterschlupf. Unter Umständen genügt Niedertreten des Unkrautes[94]), auch wohl (in den ersten Jahren, bei langsam wachsenden Holzarten) vorsichtiges Abmähen über die Köpfe der Holzpflanzen hinweg. Eine Sicherung gegen das Unkraut kann auch dadurch gewonnen werden, dass man die zwischen den Saatstreifen und Saatplätzen liegenden Bodenteile künstlich mit einer unschädlichen oder gar nützlichen Pflanze bestockt, welche ihrerseits das schädliche Unkraut, zumal Gräser, zurückhält. Zu diesem Zweck mag Lupinus perennis empfohlen sein, die durch die Jahr um Jahr wiederkommende Blattfülle in jenem Sinne günstig wirkt und überdies als Papilionacee eine Bereicherung des Bodens an Stickstoff herbeiführt[95]). — 2. Wild und Weidvieh: Umfriedigung der Saatfläche (Drahtzäune neuestens vielfach üblich; ein Geflecht aus verhältnismässig schwachem Draht, auf ein Stangengitter aufgespannt, gegen das Durchkriechen des Wildes, genügt; Kosten der Zäune — gegen Rot- und Rehwild — pro lauf. Meter ca. 1 Mark, inkl. Holzmaterial). — 3. Hitze und Frost: Fruchtbeisaat. Ansaat unter Schutzbeständen (Voranbau frost- und hitzebeständiger, raschwüchsiger, lichtkroniger Holzarten: Birke, Kiefer etc.), event. Zwischensaat- oder -pflanzung einer Schutzholzart. Durch diese Massregeln wird natürlich zugleich das Unkraut bekämpft. — 4. Auch Bodenlockerung kann in manchen Fällen (auch gegen Austrocknung) in Frage kommen, ferner das Durchrupfen oder Durchschneiden zu dicht stehender Saaten. — III. Nachbesserungen: durch Nachsaat; in vielen Fällen aber (zumal die Fehlstellen oft nicht gleich im ersten Jahre mit Sicherheit erkannt werden, sowie mit Rücksicht auf Unkrautwuchs) besser durch Pflanzung. Bezüglich der Nachbesserungen, sei es in Saat- oder Pflanzkulturen oder in natürlichen Verjüngungen, möge vor zu kleinlichem, ängstlichem Vorgehen gewarnt werden, wobei jede kleinste Lücke bestockt wird, auch wenn dieselbe beim Heranwachsen des Bestandes in Zeitkürze von selbst verschwinden würde. Die Nachbesserung bedeutet dann einen unnötigen Kostenaufwand!

Dritter Teil.

Pflanzung.

Pflanzmethode.

§ 40. A. Arten derselben. Unterschieden werden: 1. Pflanzung mit bewurzelten und mit unbewurzelten Pflänzlingen, erstere entweder natürlich bewurzelt (Kernpflanzen aus Samen oder Wurzelloden) oder künstlich bewurzelt (Ableger), letztere Steckreiser oder Setzstangen. — Ballenpflanzen (die Wurzeln sind von einem Erdballen umgeben) und ballenlose Pflanzen. — Stummelpflanzen (der Schaft wird über dem Wurzelknoten abgeworfen) und ungestummelte Pflanzen. — 2. Einzelpflanzung oder Büschelpflanzung, je nachdem ein oder mehrere Pflänzlinge in das Pflanzloch kommen. —

94) Brombeere schlägt nach dem Abschneiden sehr kräftig wieder aus. — Abschlagen von Farnkrautwedeln mit Stöcken.

95) Koch, Allg. Forst- und J.-Z. Januar 1902.

3. Ungeregelte Pflanzung oder Pflanzung in geregeltem Verband der einzelnen Pflanzstellen. Als solche geregelte Verbände unterscheidet man: Rechtecksverband und Dreiecksverband; a) Rechtecksverband: von den einzelnen Pflanzstellen bilden je vier die Ecken eines Rechtecks; sind dessen Seiten ungleich, so heisst derselbe Reihenverband (verschiedener Abstand der Reihen von einander und der Pflanzen in den Reihen), sind dieselben gleich (Spezialfall des Quadrates), so heisst er Quadratverband. — b) Dreiecksverband: je drei Pflanzstellen bezeichnen die Ecken eines (meist gleichseitigen) Dreiecks.

B. Wirtschaftliche Bedeutung. 1. Pflanzung mit bewurzelten Pflänzlingen bildet die Regel (Setzreiser oder Setzstangen bei Pappel und Weide); überdies findet künstliche Bewurzelung beim Kulturbetrieb im grossen nur ausnahmsweise statt. — Ballenpflanzung erscheint allgemein als zweckmässig, sofern bei ihr die Wurzeln nicht entblösst werden. Sie ist jedoch teuer bei älteren Pflanzen mit grossen Ballen, deren Aushebung entsprechend umständlich und zeitraubend ist. Bedingung ist ein den Ballen haltender (nicht lockerer) Boden; für kleine Pflanzen ist dieser Bedingung viel leichter genügt, als für grosse, so dass die Anwendung der Ballenpflanzung sich schon aus diesem Grunde in ziemlich engen Grenzen bewegt. — Stummelpflanzen (z. B. bei Eiche, Erle) treiben oft besonders kräftig aus (jedoch häufig mehrere gleichwertige Triebe, weshalb mehr für Niederwald; event. Wegschneiden der überzähligen Loden); besondere Vorsicht empfiehlt sich bei der Stummelung von Holzarten mit gegenständigen Knospen, wie Esche und Ahorn, weil bei diesen naturgemäss meist die zwei obersten der belassenen Knospen gleichwertige, in der Folge miteinander konkurrierende Triebe bilden, so dass Zwieselbildung durch den Vorgang des Stummelns oft geradezu direkt veranlasst ist. Den Stummelpflanzen ist übrigens gutes Anwachsen vermöge der verhältnismässig grossen Wurzelmenge meist gesichert. In windgefährdeten Lagen kommt den Stummelpflanzen ihre geringe Höhe und das Fehlen einer Krone zunächst sehr zu statten. — Im grossen und ganzen findet Pflanzung mit bewurzelten, ballenlosen, in ihrem oberirdischen Teile unverkürzten Pflänzlingen am meisten Anwendung. — 2. Büschelpflanzung ist bei einzelnen Holzarten (Fichte) in manchen Gegenden (Harz) verbreitet. Als Vorzüge werden angegeben rascher Bestandesschluss, Sicherheit gegen Gefahren (Wildverbiss etc.), besonders gute Höhenentwickelung der mittleren Pflanzen des Büschels; dagegen jedoch grosser Pflanzenverbrauch, dichter Stand in den Büscheln, infolgedessen oft nicht normale Ausbildung der einzelnen Pflanzen, Verwachsungen u. s. w. Einzelpflanzung findet deshalb in den weitaus meisten Fällen statt, zumal auch die von manchen Seiten zu gunsten der Büschelpflanzung behauptete grössere Widerstandsfähigkeit gegen Schneeschaden von anderen (cfr. Versammlung des Harzer Forstvereins 1887: Ref. Reuss-Goslar) bestritten wird. — 3. Annähernd gleichmässige Verteilung der Pflanzen ist in den weitaus meisten Fällen anzustreben. Dieselbe lässt sich (durch geübte Arbeiter) oft auch ohne genau abgesteckten Verband in genügender Weise erreichen. Ausnahmsweise, wie z. B. unter Umständen beim Unterbau, wird mehr gruppenweise Anordnung der Pflanzen bevorzugt. — Geregelte Verbände, bei welchen jeder Pflanze ihre bestimmte Stelle angewiesen ist, erfordern die besondere Arbeit des Aussteckens derselben, bedingen danach aber rasche Ausführung der Pflanzung, gestatten sichere Berechnung der Pflanzenzahl, leichte Nachbesserung (sofortiges Auffinden der Fehlstellen), Grasnutzung (?!) zwischen den Pflanzreihen, Herstellung regelmässiger Mischungen[96]),

96) Geeignete Bestandesmischungen sind übrigens oft viel mehr von der speziellen Bodenbeschaffenheit an der einzelnen Stelle, als von der Regelmässigkeit des Verbandes abhängig.

gewähren Erleichterung beim Holzausbringen, bei manchen Massregeln des Forstschutzes u. s. w. — Terrainunebenheiten, Steine, Stöcke, Vorwüchse etc. sind oft Hindernisse der Durchführung.

II. Das Pflanzmaterial[97]).

§ 41. A. Erforderliche Eigenschaften: Normale Entwickelung des Pflänzlings, insbes. gute Wurzelausbildung, stufiger, kräftiger Schaft, genügende Blatt-, bezw. Nadelmenge (nicht zu gail oder in gedrängtem Stande spindelig erwachsen!). — Die für eine Kultur zu wählende Stärke bezw. Höhe[98]) und damit im Zusammenhang das Alter der Pflänzlinge sind abhängig von dem speziellen Zweck der Kultur, von den Verhältnissen, in welche die Pflanzen dabei gebracht werden (cfr. Anm. 98), und dem dadurch bedingten Pflanzverfahren. Im allgemeinen verdient, wo immer angängig, die Verwendung junger, d. h. kleiner Pflänzlinge (gutes Anwachsen, Billigkeit des Verfahrens in Absicht auf Pflanzenbeschaffung, Ausheben, Transport, Einsetzen) den Vorzug: 2- bis 4jährige Pflanzen, von der diesem Alter unter mittleren Verhältnissen entsprechenden Höhe werden am häufigsten benutzt, in besonderen Fällen kommen auch 1jährige (Kiefer), sowie andererseits ältere resp. stärkere und höhere Pflänzlinge (Loden, Halbheister, Heister) in Anwendung: z. B. Tanne (langsame Jugendentwickelung) überhaupt meist 5—6jährig; stärkere Pflanzen aller Holzarten oft bei Nachbesserungen, Randpflanzungen, Kultur von Viehweiden, bei bedeutendem Unkrautwuchs u. s. w.

B. Verschiedene Arten der Pflanzenbeschaffung. Es kommen in Betracht: Kauf und Tausch, Entnahme aus Schlägen, besondere Anzucht und zwar entweder in Freilagen oder unter Schutzbeständen oder in Forstgärten. 1. Kauf und Tausch: nur ausnahmsweise zulässig; im allgemeinen sollte jedes Revier (mindestens jeder Forst) seinen Bedarf selbst decken. So lautete bis vor wenigen Jahren die allgemeine Regel, und an derselben sollte auch heute noch tunlichst festgehalten werden, schon des grossen Interesses wegen, das jeder Forstwirt gerade an der Anzucht seines Pflanzenmaterials nehmen muss; die hierbei gebotene Gelegenheit zu Beobachtungen und Versuchen aller Art sollte nicht fortfallen; unnützes, kleinliches Experimentieren hat natürlich zu unterbleiben. In neuerer Zeit haben es jedoch viele, insbesondere grosse Pflanzenzüchtereien (z. B. Heins-Halstenbeck in Holstein) durch weitestgehende Vervollkommnung ihrer Einrichtungen dahin gebracht, dass sie tadellose Pflänzlinge in jeder beliebigen Menge zu Preisen anbieten können, welche hinter den Kosten, mit welchen dieselben im Forstgarten des einzelnen Wirtschaftsganzen meist nur erzogen werden können, erheblich zurückbleiben. So ist es nicht zu verwundern, dass von der so gegebenen Möglichkeit der Bedarfsbefriedigung durch Ankauf von Händlern mehr und mehr Gebrauch gemacht wird. Immerhin sollte das finanzielle Moment nicht allzusehr betont werden. Auch für das Schutzpersonal bietet die Pflanzenzucht erweislich sehr oft besonderen Reiz und nicht zu unterschätzende Anregung. — 2. Entnahme aus Schlägen, natürlichen Verjüngungen und Saaten, teils

97) Vergl. u. a. Fürst, „Die Pflanzenzucht im Walde“ 3. Aufl. 1897, woselbst alle Einzelheiten der Pflanzenerziehung in erschöpfender Weise abgehandelt sind. Zahlreiche Literaturnachweise und Erfahrungszahlen etc. daselbst.

98) Mit Recht wird mehrfach (z. B. Flury-Schweiz 1895) betont, dass die Höhe der Pflanzen in erster Linie anzugeben sei, nicht deren Alter, weil die nämliche Höhe auch bei der gleichen Holzart unter verschiedenen Entwicklungsbedingungen bei verschiedenem Alter erreicht werde, und doch eine bestimmte Höhe des Gipfels über dem Boden in vielen Fällen der entscheidende Faktor sei, wie z. B. beim Kampf mit Unkraut, in Frostlagen, gegen Wildverbiss u. s. w.

zum Zweck unmittelbarer Verwendung für die Kultur, teils zu vorgängiger Verschulung in Pflanzbeete. Gewinnung eines billigen, oft (auf geeignetem Boden, bei nicht zu dichtem Stand) trefflichen Materials (mit oder ohne Ballen, je nach Umständen). Sorgfältiges Ausheben (nicht Ausreissen und Abbrechen der Wurzelenden) ist Bedingung. — 3. Besondere Anzucht: a) in Freilagen, durch Saat, namentlich ab und zu behufs Anzucht von Ballenpflanzen, auf mässig bindigem Boden mit leichter Grasnarbe. Mit Vorteil werden auch die wieder eingeebneten Stocklöcher starker Stämme zur Pflanzenzucht mit benutzt; infolge der gründlichen Bodenlockerung sind die Ergebnisse hier oft besonders gute. — b) unter lichtschirmigen Schutzbeständen, z. B. Buche (für Zwecke des Unterbaues, Main-Rheinebene) durch Saat in Kiefernbeständen, am besten stark durchforsteten Stangenorten oder angehenden Baumhölzern, nach oberflächlicher Zubereitung des Keimbeetes (Entfernung des Moospolsters, leichtes Durchhacken des Bodens, event. Umgatterung gegen Wild). Massenhaftes Material ohne grosse Kosten, aber nur für Schattenhölzer. — Hie und da Anzucht von Pflänzlingen auf Waldfeldern unter dem Schutz von Getreide (z. B. Haferschutz-Saaten zum Ausheben der Pflänzlinge im 3. Jahre). — c) in Forstgärten oder Kämpen für Pflänzlinge, welche besonderer Sorgfalt bedürfen, insbesondere, wenn Verschulen nötig wird. Wo die Gelegenheiten des Pflanzenbezugs ad 1, 2, 3a fehlen oder nicht benutzt werden wollen, ergibt sich die Anzucht im Forstgarten von selbst. Sie ist tauglich für alle Holzarten, aber meist relativ teuer. Für viele Arten der Pflanzkultur ist sie unentbehrlich, im ganzen aber doch auf das notwendige Mass zu beschränken.

C. Forstgartenbetrieb insbesondere[99]).

§ 42. 1. Arten. Die Forstgärten sind entweder nur Saatschulen (Saatkämpe) zur Erziehung von Pflanzen, welche unmittelbar von der Stelle, wo sie gekeimt sind, zur Kultur verwendet werden, oder Pflanzschulen (Pflanzkämpe), in welchen die Keimpflanzen erst noch versetzt (verschult, verstopft, umgelegt) werden, bevor sie auf die Kulturfläche kommen. Meist sind Saat- und Pflanzbeete in einem Forstgarten vereinigt, doch kommen auch grössere Kampanlagen vor, in welchen sich nur Verschulpflanzen finden (z. B. Tannensämlinge aus Bestandessaaten, Buchen aus natürlichen Verjüngungen). — Man unterscheidet ausserdem ständige und unständige (sog. Wander-)Forstgärten. Erstere werden durch längere Zeit andauernd benutzt, letztere für kürzere Zeit, nur die Pflanzen für bestimmte Kulturen liefernd. Die unständigen Forstgärten werden natürlich möglichst unmittelbar bei oder auf der Kulturfläche angelegt, deren Pflanzenbedarf sie demnächst decken sollen. Ist die betr. Kultur erledigt, so werden sie wieder aufgegeben, bezw. bilden dann mit einem Rest ihrer Pflanzen Teile der Kultur. Ständige Gärten sind teurer in der ersten Anlage (sorgfältigere Bearbeitung etc.), erfordern bei beginnender Erschöpfung künstliche Düngung, liegen oft weiter von der Kulturstelle entfernt; sie sparen dagegen auch wieder an erstmaligem Aufwand (Bodenvorbereitung, Umfriedigung etc.), sofern sich derselbe auf eine längere Benutzungsperiode verteilt, sind leichter zu beaufsichtigen, gestatten wegen der grossen Pflanzenmenge, die in ihnen im Laufe der Jahre erzogen werden soll, die ausgiebigere Beschaffung von Apparaten, Schutzvorrichtungen, unter Umständen die Anlage von Bewässerungsvorrichtungen u. s. w., im ganzen also einen feineren, intensiveren Betrieb. Beide Arten sind, je nach Umständen, in Uebung; das entscheidende Moment ist vielfach, zumal wenn Ballen- oder Büschelpflanzen bei der Kultur in Anwendung kommen sollen, der Pflanzentransport; bietet sich günstige Gelegenheit, nah

99) Vergl. hierzu die umfassenden Angaben in Fürsts „Pflanzenzucht" (cfr. Anm. 75), sowie zahlreiche Artikel der verschiedenen forstlichen Zeitschriften.

bei einer demnächst zu kultivierenden Fläche Wandersaat- und -pflanzbeete anzulegen, so wird sie benutzt, im grossen und ganzen jedoch sind wohl die ständigen Forstgärten mehr beliebt, obwohl finanzielle Erwägungen oft für Wanderkämpe sprechen. — 2. Wahl des Platzes. a) Lage: Ausser möglichster Nähe bei den Kulturflächen, sowie bequemer Erreichbarkeit und Beaufsichtigung kommt die Umgebung, Abdachung, Exposition in Betracht. Steilere Hänge sind im allgemeinen ausgeschlossen, etwas geneigte Lagen dann erwünscht, wenn ausnahmsweise die Wahl eines etwas zu feuchten oder eines zu trockenen Ortes nicht umgangen werden kann, und im ersteren Falle für Wasserabzug gesorgt werden muss, im letzteren die Möglichkeit einer Bewässerung ins Auge gefasst wird; Süd- und Südwestseiten (im Hügelland und Mittelgebirge) sind wegen Hitze und Trockenheit ebenso zu vermeiden, wie ungeschützte Ostseiten (Frostgefahr). Schutz durch umliegende Bestände kann sehr erwünscht sein, unter Umständen wirken solche aber auch nachteilig (event. Verdämmen durch dieselben, Reflex der Sonnenstrahlen am Trauf). Frostgefahr in tiefen Talsohlen. Nähe von Wasser erwünscht, soweit Wasserlieferung in trockenen Perioden in Frage kommt. Plätze im Inneren des Waldes verdienen den Vorzug vor solchen am Rande, weil letztere vom Felde her von den Mäusen schärfer bedroht werden, die sich im Herbst in den Wald ziehen; Schneebruch- und Windbruchlöcher nicht selten verwendbar, sofern sie noch nicht stark verunkrautet sind; überhaupt ist der Kampf mit dem Unkraut sehr zu beachten, und deshalb legt man Forstgärten nicht gern auf grössere Kulturflächen. — b) Boden: Zu fordern ist genügende mineralische Kraft in Verbindung mit den nötigen physikalischen Eigenschaften. Insbesondere soll der Boden nicht zu zäh und fest (kalter Tonboden) sein. Böden mittlerer Beschaffenheit (sandiger Lehmboden) sind vorzuziehen[100]), im Zweifelsfalle wähle man lieber einen etwas zu lockeren als einen zu festen Boden. Beachtung des Untergrunds, hauptsächlich in betreff des Wasserabzugs muss dringend empfohlen werden. — c) Grösse: Da nur die Pflanzenzucht für den eigenen Bedarf hier in Betracht kommt, so ist die Flächengrösse entsprechend der Zahl der jährlich erforderlichen Pflänzlinge, dem Alter und der Behandlung derselben (Dauer ihres Verbleibens in dem Forstgarten, verschult oder unverschult, Verschulungsverband u. s. w.) zu bemessen[101]). — d) Gestalt: Möglichst regelmässig in Rücksicht auf Umfriedigung (Quadratform!) und Einteilung. Wo Seitenschutz von Wichtigkeit ist, kann ein langgestrecktes Rechteck den Vorzug verdienen; ebenso in geneigten Lagen (die grössere Seite horizontal). — 3. Bodenbearbeitung. a) Gründliche Rodung (Rajolung, Rigolen) ist, nachdem bei der Wahl des Platzes in einem Bestande Kahlhieb erfolgt ist (Entfernung sämtlicher Stämme, nicht Ueberhalt einzelner Exemplare etwa zum Schutz der Pflänzlinge!), zunächst vorzunehmen, und es sind dabei alle, auch die schwächeren Wurzeln, zumal von ausschlagskräftigen Laubhölzern (Aspe etc.), sorgfältig zu entfernen. Die verhältnismässige Leichtigkeit der Bodenbearbeitung bei früherem Ackerland darf nicht für die Wahl des Platzes massgebend sein; solches kann wohl ausnahmsweise in Betracht kommen, ist jedoch meist ausgebaut und verunkrautet. Auch

100) Die Meinung, als ob Pflänzlinge für magere Kulturstellen auch in Forstgärten mit geringen Böden erzogen werden müssten, ist irrig. Eher schon sind solche für rauhe Lagen vor Verzärtelung im Forstgarten zu bewahren. Die Forderung, die Vegetation solle allgemein im Forstgarten sich nicht früher entwickeln, als auf den aus denselben zu versorgenden Kulturstellen, ist zu weitgehend, stimmt nicht fürs Hochgebirge. Für letzteres ist zu beachten, dass Südseiten, falls der Boden genügend frisch ist, um so mehr den Vorzug verdienen, je höher die Lage ist.

101) Etwa 4—5% der jährlichen Kulturfläche dürfte z. B. für den Fall einer Fichtenwirtschaft in 100jährigem Umtrieb bei Verwendung durchweg 4jähriger Pflanzen nach 2jähriger Verschulung genügen.

die mehrjährige Ueberlassung des ausgewählten Platzes an die Landwirtschaft zum Anbau von Hackfrüchten, wodurch allerdings gute Bodenbearbeitung bedingt würde empfiehlt sich wegen des damit verbundenen Entzugs von Mineralstoffen nicht. Vornahme der Rodung im Herbst empfiehlt sich, damit der Boden im Winter vom Frost zermürbt wird. Wäre der gewählte Ort stark verunkrautet, so rodet man schon im Vorsommer, damit das Unkraut verwest. Durchschnittliche Tiefe der Bodenbearbeitung 30—40 cm. — b) Planierung, soweit nötig, insbes. Einebnen der Stocklöcher, schliesst sich der Rodung unmittelbar an, event. Terassierung an Hängen, falls man zur Wahl eines stärker geneigten Platzes gezwungen wäre: die einzelnen Beete sollen horizontal liegen. Unbearbeitete Streifen zwischen denselben können die Beetpfade ersetzen, dienen als Lagerstellen für Steine, Unkraut u. s. w. Die darauf abgelagerten Materialien können gegen Abflutung Sicherung bieten. — c) Besserung der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften sollte von vornherein möglichst nicht erforderlich sein. Doch lässt sich manchmal im ganzen Revier kein vollkommen geeigneter Platz finden. Lockerung durch tiefe Rodung, Beiführen von Sand, Gründüngung. Letztere auch zur Bindung zu lockerer und Bereicherung armer Böden (Lupinen!)[102]. Am besten sind neu ausgestockte (humusreiche, unkrautfreie) Stellen. Wasserabzugsgräben, event. Drainierung zu nasser Stellen. Im Notfall sofortige Düngung mit animalischen, pflanzlichen, mineralischen Düngemitteln und Mengedüngemitteln. Für Wanderkämpe, deren Benutzung nur durch wenige Jahre währen soll, ist, falls nicht besonders ungünstige Verhältnisse vorliegen, die Düngung entbehrlich, wogegen ständige Forstgärten dieselbe, wenn auch nicht vom ersten Anfang ihrer Benutzung an, so doch sehr bald erfordern; dieselbe sollte nicht erst dann beginnen, wenn schon eine merkliche Erschöpfung eingetreten ist. Einigermassen, aber doch nur in sehr beschränkter Weise, könnte wohl durch Holzartenwechsel auf den Einzelbeeten des Forstgartens, der Notwendigkeit einer Düngung entgegengewirkt werden, da die einzelnen Holzarten den Boden nicht in gleichem Masse und gleicher Richtung in Anspruch nehmen. Wie viel im einzelnen Falle dem Boden durch Pflänzlingszucht entzogen worden ist, haben eine Reihe von Untersuchungen festgestellt, z. B. solche von Schröder, Dulk, Schmitz-Dumont, Schütze, Councler u. a. m.[103]. Dieselben bedürfen noch sehr der Ergänzung.

Die wichtigsten Stoffe, welche dem Boden durch die Düngung wieder zugeführt werden müssen, sind Stickstoff, Phosphorsäure und Kali, event. auch Kalk, welcher, abgesehen von seiner direkt ernährenden Wirkung, auch noch eine Reihe günstiger chemischer und physikalischer Wirkungen auf den Boden ausübt. Als tierische Dünger kommen in Anwendung: Stallmist, Pferch, Latrine (Abtritt und Jauche), Knochenmehl, Guano, künstlicher Guano (wie Fischmehl, Blutmehl etc.); als Pflanzendünger: Rasenasche, Holzasche, Torfasche, Humus (Dammerde), Gerberlohe, Gründüngung; Mineraldünger (natürliche und künstliche) sind u. a.: Mergel, Aetzkalk, Gips, Stassfurter Abraumsalze, bes. Kainit, Chilisalpeter; als Mengedünger kommt zunächst Kompost verschiedenster Art (unter Beigabe von Aetzkalk, Sägespänen, Torfmull, kräftiger Düngemittel, namentlich aus der Reihe der tierischen und mineralischen Stoffe) in Verwendung.

---

102) Vergl. „Lupinenbau in Forsten“ in „Aus dem Walde“ VIII, S. 160.

103) Liter. Angaben siehe in Fürst, Pflanzenzucht, 3. Aufl. S. 35 ff. Man vergl. ausserdem: Grundner „Die Düngung im Forstbetriebe, insbes. in Forstgärten“ (Harzer Forstverein 1897); Ramm „Rationelle Düngung der Forstgärten“, im Bericht über die 17. Vers. des württ. Forstvereins zu Calw, 1900; ferner Matthes „Ueber künstliche Düngung im forstl. Betriebe“ (Vers. Thüringer Forstwirte zu Eisenach, 1900). Zahlreiche Mitteilungen über Einzelversuche finden sich in den versch. forstl. Zeitschriften.

Mengedünger, event. nur aus tierischen und mineralischen Einzeldüngemitteln zusammengesetzt, empfehlen sich namentlich dann am meisten und allgemein, wenn über die Art der Bodenerschöpfung Zweifel bestehen. Stickstoff liefern u. a. Stallmist, Blutmehl, Fischguano, Gründüngung, Chilisalpeter, schwefelsaures Ammoniak; Phosphorsäure-Ersatz durch Superphosphate und Thomasmehl (zugleich damit auch Kalk!); Kali wird im Kainit zugeführt, Kalk etwa als Aetzkalk. Alles Nähere in der angeführten Spezialliteratur, sowie in der Forstl. Standortslehre, Handbuch Bd. 1, III. — d) Wiederholte Bodenbearbeitung im Frühjahr nach Art von Gartenland. — 4. Umfriedigung zum Schutz gegen Menschen und Tiere (Wild und Weidvieh). Die Art der Umfriedigung ist insbes. durch die abzuhaltenden Tiergattungen bedingt (feste Zäune gegen Sauen, entsprechende Höhe gegen Ueberfallen von Rotwild, dicht am Boden gegen Hasen und Kaninchen u. s. w.). Unter Umständen transportable Hürden. a) Tote Umzäunungen: Rollsteine (gegen Weidvieh), Mauern (zu teuer); Planken-, Pfosten-, Latten-, Spriegelzäune (in verschiedenster Modifikation); Drahtzäune (starke Horizontaldrähte, event. an stehende Bäume befestigt; zwischengeflochtene dünne Vertikaldrähte). Gilt es darum, Sauen abzuhalten, so leisten Spriegelzäune (Querstangen mit zwischengeflochtenem starkem Reisig) wegen ihrer Elastizität gute Dienste; sie sind, zumal wenn erste Durchreiserungen oder Durchforstungen in der Nähe das Material ergeben, auch nicht kostspielig. Im übrigen dürften sich transportable, etwa 3—4 Meter lange, $1^1/_2$ m hohe Gatter aus Fichtengestänge mit aufgespanntem Geflecht aus verzinktem Draht besonders empfehlen. Letzterer kann, da das entsprechend hergestellte Stangengatter den erforderlichen Halt verleiht, dünn sein, und das Geflecht braucht vom Boden an nicht über 80 cm hoch zu sein, um gegen Hasen und Rehe zu schützen. Solches Drahtgeflecht wird zu 16—20 Pfg. pro laufd. Meter bezogen. Zur gleichzeitigen Sicherung gegen Kaninchen muss das Geflecht höher sein, da etwa 30 cm desselben in den Boden eingelassen werden müssen. Sorgfältiges Aufstellen der Gatter auf den Boden und scharfes Aneinanderschliessen derselben ist Bedingung. — b) Lebende Hecken: Weissdorn, Fichte. Da deren Anlage und Unterhaltung (Beschneiden etc.) viel Mühe und Sorgfalt erfordert und der hasendichte Abschluss des Gartens durch eine Hecke doch kaum auf Dauer erreicht wird, wendet man besser eine tote Umfriedigung an. — c) Gräben in Verbindung mit den Schutzmitteln ad a und b bewirken eine noch weitergehende Sicherung, bes. gegen das Ueberfallen von Wild. — d) Kosten nach Material, Arbeitsaufwand sehr verschieden in Hinsicht auf erste Anlage und Unterhaltung[104]). — 5. Einteilung, innere Einrichtung: Beete von angemessener Breite (bis zur Mitte bei den Arbeiten leicht zu erreichen) und Beetpfade wechseln miteinander ab. Dazu kommen einzelne breitere Wege für Karren etc. Durchschnittliche Beetbreite 1 Meter, Pfadbreite 0,3 Meter. Da durch die Beetpfade der eigentlichen Pflanzenzucht immerhin viel Areal entzogen wird ($^1/_4$—$^1/_5$ der ganzen Fläche), so empfiehlt sich bei einheitlichem Betrieb, d. h. bei der Anzucht grosser Mengen gleichartiger Pflänzlinge das Zusammenschliessen von Beeten (ohne zwischenbelegene

---

104) Drahtzäune, inkl. Pfostenmaterial etc., zum Schutz gegen Hasen und Rehwild kaum unter 0,80—1,00 Mk. pro lfd. Meter; bei Befestigung an lebende Bäume ca. 0,50 Mk. Verbindung der Pfosten oben und unten durch je eine Stange gibt ein besonders festes Gefüge beim Durchflechten dünner Vertikaldrähte. — Bei Anwendung der oben erwähnten Stangengatter mit aufgespanntem Drahtgeflecht kommt es bezüglich der Kosten hauptsächlich darauf an, ob der Wald das Stangenmaterial (aus Fichtendurchforstungen) in genügender Menge und in der Nähe des Gartens enthält bezw. liefert. cfr. Mitteilungen der Württ. Versuchsstation, Allg. F.- und J.-Z. 1897, S. 104; ferner: Dr. Grieb daselbst S. 74 (enth. Zusammenstellung der Kosten verschiedener Umfriedigungen).

Pfade) zu grösseren Quartieren, welche dann allerdings bei den jeweiligen Arbeiten (Verschulen, Jäten etc.) betreten werden müssen. — 6. Die Aussaat im Forstgarten. a) Arten der Aussaat: Vollsaat oder Riefensaat. Bei ersterer erhalten die Pflänzlinge von vornherein allseitig gleichmässigen Entwickelungsraum (für Wurzel und Krone), insbes. wichtig, wenn nicht verschult werden soll. Dagegen sind die voll besäeten Beete mühsamer zu reinigen, das Ausfrieren ist bedenklicher, die einzeln keimenden Pflänzlinge (Nadelhölzer) drücken durch eine etwas verkrustete Oberfläche schwerer durch. Riefensaat bildet die Regel. — b) Samenmenge: Im allgemeinen dieselben Erwägungen wie für die Dichte der Saat überhaupt. Nicht zu dicht säen! Weniger dicht, wenn gar nicht oder erst nach 2—3 Jahren verschult wird. Bedingend ist überdies die Entwickelung der einzelnen Holzart in der ersten Jugend, anfangs langsamwüchsige Holzarten können dichter stehen oder länger im Saatbeet verbleiben (Gegensätze z. B. Tanne und Schwarzkiefer, Buche und Akazie). Kein grosser Unterschied zwischen Voll- und Riefensaat bezüglich der Samenmenge (z. B. bei Kiefer pro 1 ar 1—2 kg)[105]. — c) Zeit der Aussaat: Auch hier gelten die allgemeinen Bestimmungsgründe. Möglichkeit ins einzelne gehender Pflege im Forstgarten kann modifizierend wirken. Meist Frühjahrssaat. — d) Vollzug: Vollsaat stets aus der Hand, nach vorgängiger gehöriger Herrichtung der Beete. — Riefensaat: Richtung der Riefen bald quer über die Beete (bequemer für gleichmässige Aussaat, Bedeckung, Reinigung), bald in deren Längsrichtung. Schmale Riefen (womöglich nur 1, höchstens 2 etwas von einander entfernte Samenreihen — Doppelriefen). Entfernung derselben so gering, dass die Pflanzen zu seitlicher Entwickelung gerade genügend Raum haben. Herstellung entweder mit der Hacke oder einem Rillenzieher, oder mit Hilfe von Saatlatten, Saatbrettern, Walzen mit entsprechenden Erhöhungen, wie z. B. der regulierbaren Saatrillenwalze von Holl (Oe. Forstz. 1898, 123), der Saatrillenwalze von Zinger (Allg. Forst- u. J.-Z. 1890, 412) u. s. w. Aussaat aus der Hand oder unter Benutzung von Apparaten, wie z. B. Säehorn, Saatrinne, Saatbrett etc. Als besonders brauchbar hat sich die Esslinger'sche Säelatte mit zugehörigem Samenkasten (Forstw. Zentralbl. 1890, S. 535) bewährt; sie arbeitet rasch und gibt gleichmässige Verteilung des Samens. Empfohlen wird auch die Rillensäemaschine von Fekate (Oesterr. Forstzeitung), ferner Hackers Gartensaatmaschine (Oester. Forst- u. J.-Z. 1890, 47). Bedeckung des Samens in erforderlicher Höhe mittelst Rechens, Ueberwerfens oder Uebersiebens mit feiner Erde, Rasenasche etc. Die Höhe der Bedeckung ist je nach der Art des Samens und des Deckmaterials verschieden. Je lockerer das letztere ist, um so stärker kann im allgemeinen der Samen eingedeckt sein. Massgebend im einzelnen sind die Bemerkungen zu § 38, E. — 7. Schutz und Pflege der Saatbeete. Gegen Hitze und Frost sowohl als gegen Platzregen sichert Bedecken der Beete mit Laub, Moos, Stroh (rechtzeitige Entfernung der Bedeckung beim Keimen), Bestecken mit Zweigen (abfallende Nadeln manchmal störend), Ueberdecken mit Schattengittern verschiedener Art. Gegen Trockenheit, wenn nötig, Begiessen (öftere Wiederholung); auch oberflächliche Bodenlockerung ist ein Mittel gegen das Austrocknen, denn obwohl die schwache, dabei losgelöste Oberschichte stark trocken wird, schützt sie doch die unterliegende Bodenschicht, welche feucht bleibt; übrigens darf solches Behäckeln nur nach einem durchdringenden Regen geschehen; Anwendung von senkrecht stehenden Schutzschirmen gegen Wind und Sonne. Gegen Vögel dienen die Schutzgitter (zugleich Schattengitter), gegen Mäuse das Vergiften etc. Behandlung

105) Die schweiz. Versuchsanstalt hat bei Fichte und Kiefer von 10 gr Samen pro laufenden Meter das Maximum an brauchbaren Pflanzen erhalten. cfr. Mitteilungen der schweiz. Zentralanstalt für d. forstl. Versuchsw. I, 1.

des Samens vor der Aussaat mit Bleimennige in der Art, dass der angefeuchtete Samen mit trockenem Mennigepulver überstreut und dadurch mit einer Mennigehülle umgeben wird, bietet weitgehende Sicherung gegen Vogel- und Mäusefrass. Häher, Tauben, Eichhörnchen sind abzuschiessen. Aushängen von Nistkästen zu gunsten insektenfressender Vögel. Fangen der Maulwurfsgrillen (cfr. hierüber Forstschutz, V. des Handbuchs). Ausjäten des Unkrautes, je nach Bedarf mehrmals jährlich. Pflege der Pflanzen durch Andrücken vom Frost gehobener Pflänzlinge, durch Bodenlockerung, Anhäufeln der Erde nach den Riefen zu, Durchrupfen oder Durchschneiden zu dichter Saaten, Zwischendüngung. — 8. Pflanzbeete im Forstgarten. Verschulen. Das Verschulen hat den Zweck, den jungen Pflänzlingen vor der Benutzung zur Kultur durch Gewährung freieren Standraumes im gut hergerichteten Pflanzbeete zu kräftiger Entwickelung zu verhelfen. a) Alter der Pflänzlinge: bei möglichst frühem Verschulen (1—2jährige Pflanzen) hat man leichtere (billigere) Arbeit und grösseren Erfolg, sofern die Pflanzen länger im Verschulbeete bleiben können. Sogar ganz junge Keimlinge werden unter Umständen verschult; werden dieselben einem etwas bindigen Boden entnommen, so kann der kleinste Heyer'sche Hohlbohrer mit Vorteil verwendet werden. — b) Zeit der Vornahme: Herbst und Frühjahr. Die Erfahrungen im Tübinger Versuchsgarten lassen die Herbst- und die Frühjahrspflanzung als ziemlich gleichwertig erscheinen. Natürlich ist eine Herbstpflanzung mit der Pflanzung im nachfolgenden (nicht im voraufgegangenen) Frühjahr zu vergleichen. Dr. Cieslar[106]) hat sich gegen die Herbstpflanzung ausgesprochen, und Bühler (1895) hält nach seinen Versuchen das Wachstum nach Herbstpflanzung bei allen Holzarten für geringer als dasjenige nach Frühjahrspflanzung. Geeignete Arbeitsverteilung spricht wesentlich bei der Wahl der Pflanzzeit mit. Wenn bei einer Herbstverschulung kleine Sämlinge verwendet würden, ist nach derselben die Gefahr des Ausfrierens besonders zu beachten; durch Ueberschirmen, Bodenbedeckung u. s. w. wird derselben vorgebeugt; durch Frost gehobene Pflanzen sind rechtzeitig wieder anzudrücken. — c) Dauer des Verbleibs im Pflanzbeet: meist 2—3 Jahre (1 Jahr ist zu wenig, der Vorteil bei so kurzer Zeit zu gering). — d) Sorgfältige Bodenzurichtung geht voraus. — e) Ausheben, Beschneiden, Anschlämmen der Pflänzlinge: Da ein Transport zum Zweck des Verschulens sehr häufig nicht in Frage steht, so werden die Pflänzlinge am besten unmittelbar aus dem Saatbeet ins Pflanzbeet gebracht. Einstutzen von Schaft und Wurzel unterbleibt meist (abgesehen von beschädigten Organen). Desgleichen das Anschlämmen. Erfordert etwa die Platzfrage (Beeträumung etc.) früheres Ausheben, oder kommen Pflänzlinge von auswärts (z. B. Schlagpflanzen oder durch Ankauf erworbene Saatpflanzen), so ist sorgfältiges Einschlagen an feuchtem, schattigem Ort nötig. Sortieren der schwachen von den stärkeren Pflänzlingen je für besondere Beete ist zur Erzielung der Gleichmässigkeit wünschenswert; andernfalls werden (zumal bei Laubhölzern wie Ahorn und Esche) die schwächeren Pflanzen von den vorauseilenden stärkeren in ihrer Entwickelung beeinträchtigt. — f) Pflanzenentfernung, Verband: Allseits genügender Raum für die Zeit, welche die Pflanze im Verschulbeet verbringen soll, ist Bedingung. Da diese Zeit sowie die Entwickelung der einzelnen Holzarten verschieden ist, so kann kein einheitliches Mass angegeben werden. Um auf gegebener Fläche eine möglichst grosse Pflanzenzahl zu erzielen, wird man immerhin nicht weitständiger verschulen, als notwendig ist; in keinem Falle sollten sich die verschulten Pflanzen bald wieder gegenseitig bedrängen. Meist Reihen-

106) Mitteilungen aus dem forstl. Versuchswesen Oesterreichs, Heft XIV, 1892: „Die Pflanzzeit in ihrem Einfluss auf die Entwickelung der Fichte und Kiefer“.

verband (z. B. für 2jährige Fichten 20/12 cm, 2 Jahre im Pflanzbeet) im Interesse der Beetpflege. Sonst wäre Quadratverband, wegen der gleichmässigen Verbreiterung nach allen Seiten hin, besser. — g) Ausführung, Hilfsmittel: Pflanzung im Taglohn oder Akkord, letzteres bildet die Regel. Dabei ist scharfe Kontrolle sehr angezeigt, damit nur tadelloses Material verwendet wird; zu beachten ist insbesondere, dass die Pflanzen nicht zu tief eingesetzt werden. Pflanzschnur, sowie Apparate zum gleichzeitigen Stechen einer Reihe einzelner Pflanzlöcher (Zapfenbrett, Verschulungsgestell von Eck-Gera[107]) treten in Tätigkeit; Rillenzieher, manchmal auch kleine Pflüge[108]) zum Anfertigen zusammenhängender Rinnen und event. gleichzeitiges Einlegen der Pflänzlinge in letztere durch Vermittelung eines Verschulungsgestelles (Mutscheler[109]), Hacker[110]) v. Thygeson's Pflanzharke[111]) u. a.). Beurteilung dieser Verschulungsapparate darf nur nach der Leistung geübter Arbeiter stattfinden. Sorgfältiges Anfüllen und Andrücken der Erde (lockere Kulturerde) um die Wurzeln. — h) Wiederholung: Zur Erziehung besonders starker Pflanzen (Tannen für Kahlschläge, Eichenheister etc.) manchmal zweimaliges Verschulen (meist nach 2—3 Jahren wiederholt). — 9. Schutz und Pflege der Pflanzbeete. Hitze, Frost, Unkraut sind die hauptsächlich störenden Elemente. Vergl. das oben ad 7 bezüglich der Saatbeete Angedeutete. — Pflege einzelner Pflanzen durch Beschneiden (Entfernung von Doppelgipfeln, Zweigen etc.). — 10. Kosten[112]). Alle Forstgärten stellen durch Anlage und Unterhaltung eine mehr oder minder starke Belastung des Kulturfonds dar. Die Ausgaben sind auf das notwendige Mass zu beschränken, jede Spielerei ist zu vermeiden. Auf zweckmässiges Ineinandergreifen der Einzelarbeiten ist namentlich Wert zu legen. Teuer ist insbes. das Verschulen (Zeit- und Raumerfordernis!). Unter Umständen Verschulen von Schlagpflanzen auf kleinen Stellen in oder bei den Schlägen selbst. Der Versuch, grössere Mengen kräftiger Pflanzen direkt im Saatbeet zu erziehen (weit säen!), verdient volle Beachtung, unkrautfreier lockerer Boden ist dazu erforderlich. Allgemein gültige Kostensätze sind nicht zu gewinnen; Abhängigkeit derselben insbes. von den ortsüblichen Tagelöhnen. Angaben z. B. in Fürst's Pflanzenzucht, im Forst- und Jagdkalender u. s. w.

In vorstehender Schilderung des Pflanzgartenbetriebs ist nur das Notwendigste enthalten und auch das grossenteils nur in Andeutungen. Gerade auf dem Gebiete der Pflanzenzucht im Forstgarten hat sich eine grosse Vielgestaltigkeit entwickelt mit zahlreicher Modifikation der Durchführung aller einzelnen Arbeiten, je nach Oertlichkeit, Holzart, Umfang der Anlage u. s. w. Eigene Erfahrung und Beobachtung, zumal der exakte vergleichende Versuch führt fortwährend zu grösserer Sicherheit, zu Verbesserungen, Kostenersparnis, also allgemein zu gesteigertem Erfolg, namentlich auch im Punkte der Rentabilität. Dabei sollten aber die Erfahrungen, die anderwärts gemacht sind, sorgfältig beachtet und in ausgiebigster Weise benutzt werden, damit nicht Regeln, die sich unter bestimmten Verhältnissen bewährt haben, erst wieder von Neuem und vielleicht erst nach mancherlei Misserfolgen gefunden werden müssen. Auf das

---

107) Allg. F. u. J.Z. 1885 S. 197.

108) z. B. Schmitt, „Anlage und Pflege der Fichtenpflanzschulen" 1875, sowie Fischbach in Allg. F. u. J.Z. 1869 S. 85.

109) Das. 1884 S. 7.

110) Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1886 S. 230. Der Hacker'sche Verschulungsapparat (cfr. Oester. F.Z. 1891, 34) arbeitet gut und ist, teuerere Maschinen ersetzend, besonders warm zu empfehlen, wenn grosse Pflanzenmengen zu bewältigen sind.

111) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen von Danckelmann, 1885 S. 25.

112) Vergl. Dr. Jäger, Kosten der künstlichen Bestandsgründung. Suppl. z. A. F. u. J.Z. XIII. Bd., Heft 2, 1887.

mehrfach erwähnte Werk von Fürst (Die Pflanzenzucht im Walde) als auf einen guten Führer, dann auf die Resultate des Forstgartenbetriebs der schweizerischen Versuchsanstalt (Mitteilungen der schweiz. Zentralanstalt I, 1, 2, 3, sowie II, 1 u. 2), ferner auf die Mitteilungen Weise's „Erfahrungen und Beobachtungen im Forstgartenbetrieb" (zu Karlsruhe) in Mündener Forstliche Hefte II, S. 1, sowie auf die Mitteilungen der württembg. Versuchsstation (Allg. Forst- u. J.-Z. 1897, S. 104, woselbst auf die früheren Mitt. hingewiesen ist) sei u. a. nochmals besonders hingewiesen.

Auch soll an dieser Stelle der Spitzemberg'schen Kulturgeräte gedacht werden, von welchen sich nicht wenige auch beim Forstgartenbetrieb mit Vorteil verwenden lassen[113]). Dieselben dienen, wie z. B. der Wühlspaten und der Wühlrechen, zur Bodenlockerung, andere in grosser Zahl dem Saatgeschäft (zur Anfertigung aller Arten von Rillen, zum Decken des Samens u. s. w.), wieder andere sind als Pflanz-Geräte konstruiert, wie z. B. die Pflanzspaltschneider, Pflanzholz mit und ohne Wühlspitze, Pflanzenlade.

D. Besonderheiten einzelner Holzarten.

§ 43. Die bezüglich der Pflanzenbeschaffung hier folgenden Angaben deuten, ohne entfernt erschöpfend sein zu wollen, nur einige der Fälle an, welche in der Praxis häufig vorkommen. 1. Laubhölzer. a) Buche: Schlagpflanzen, Ansaat unter Schutzbestand. 2jährig unverschult zur Kultur, bes. zum Unterbau. — b) Eiche: Aussaat im Saatkamp, 1—2jährig verschult, 3—4jährig zur Kultur. Zur Heistererziehung nochmals verschult und ca. 6jährig verwendet. — c) Zahme Kastanie: Juglans-Arten: Aussaat im Saatkamp, zur Kultur als 1- bis 2jährige Loden. — d) Esche, Ahorn, Erle[114]): Aussaat im Saatkamp, 1—2jährig verschult, 3—4-jährig zur Kultur (Erle, Ahorn event. als Stummelpflanzen). — Ulme: Dichte Saat auf etwas angewalzten Beeten, schwache Erdbedeckung, dann nochmals etwas anwalzen. — e) Akazie: Aussaat im Saatbeet (weit säen), zur Kultur als 2jährige Lode. — 2. Nadelhölzer: a) Tanne: Schlagpflanzen, event. 2—3jährig verschult, 5jährig zur Kultur. — b) Fichte: 1—2jährig verschult, Material aus Saatbeeten oder Schlägen (Waldfelder), 3—4jährig zur Kultur. — c) Forche: Aussaat im Saatbeet, 1-, 2-, 3jährig zur Kultur (im letzteren Falle nach vorheriger Verschulung). Schlagpflanzen nur ausnahmsweise. — d) Schwarzkiefer, Weymouthskiefer, Lärche: Aussaat im Saatbeet, 1—2jährig verschult, 3—4jährig zur Kultur. — e) Zirbelkiefer: Keimung in besonderen Kasten zum Schutz gegen Tierfrass, dann Verschulen (cfr. Förster: Zentralbl. f. d. gesamte Forstwesen 1888, 65).

E. Ausheben, Beschneiden, Transport, Aufbewahren der Pflanzen.

§ 44. Was im Forstgarten gilt, ist m. m. auch für den grossen Kulturbetrieb zu beachten. 1. Ausheben: Die Wurzeln sollen nicht verletzt werden, deshalb Umstechen in derjenigen Entfernung vom Wurzelstock, welche der Entwickelung der Pflanze entspricht. a) Ballenpflanzen: Bewahrung des Ballens in gewünschter

---

113) In bes. Schrift „Katalog und Preisverzeichnis der Forst- und Gartenkultur-Geräte, Patent Spitzemberg" hat der Generalvertrieb derselben (Francke u. Co., Berlin SW., Dessauer Strasse 6) die Geräte beschrieben und abgebildet. Man vergl. auch „Aus dem Walde" 1897, S. 345, sowie Möller: Zeitschr. f. Forst- u. J. 1900, S. 443).

114) Erlenaussaat noch im Herbst hat sich oft bewährt: Festschlagen des Bodens, frühzeitiges Bedecken mit Reisig im Frühjahr. Erlensaatbeete sind bei Frühjahrssaat feucht zu halten, z. B. durch Auflegen von Moos, Begiessen u. s. w. Der Erlensamen wird am besten breitwürfig ausgestreut, nur leicht mit Erde gemischt (nicht bedeckt). — Bei Esche und Ahorn ist wegen der gegenständigen Knospen darauf zu achten, dass keine Doppelgipfel entstehen: event. rechtzeitiges Entfernen des neuen Triebs.

Form und Grösse. Instrumente sind ausser dem gewöhnlichen Spaten verschiedene Hohlspaten, der Hohlbohrer von Karl Heyer[115]), Kegelbohrer von Eduard Heyer[116]), Scherenbohrer von Mühlmann, Barths Pflanzschnabel[117]) u. a. m. — b) Ballenlose Pflanzen: Ausziehen sollte nur auf ganz lockerem Boden gestattet sein; sonst Ausstechen und Umlegen mit dem Spaten. — 2. Beschneiden. a) des Wurzelteils: beschränkt sich auf glattes Wegnehmen (mit Messer, Schere, Beil) beschädigter Teile der Seitenwurzeln und Pfahlwurzel; letztere ist zwar oft (z. B. bei Juglans-Arten!) ein Hindernis für die Pflanzung; gleichwohl ist es mindestens fraglich, ob deren Verkürzung in allen bezüglichen Fällen angeraten werden darf[118]). — b) des Kronenteils: Bei stärkerem Wurzelverlust ist (nur bei Laubhölzern und Lärche) entsprechendes Einstutzen der Krone zweckmässig; letzteres auch zur Erzielung guter Kronenform[119]) (Hochstämme). Abwerfen des ganzen Schaftes, Stummelpflanzen, z. B. bei der Eiche, Erle u. s. w. (meist am besten hart über dem Wurzelknoten). — 3. Transport: In Körben, in der Spitzemberg'schen Pflanzenlade oder auf Karren und Wagen (für Ballenpflanzen, wenn häufigere Stösse bei der Bewegung unvermeidlich, nicht gut), je nach der Entfernung und Pflanzenmenge. Die Pflanzen sind dabei sorgfältigst vor Austrocknung zu behüten: Schlämmen der Wurzeln, Einschlagen in feuchtes Moos, Bedecken mit einem Tuch etc. — 4. Aufbewahren: Kann das Einpflanzen nicht alsbald erfolgen, so ist wiederum sorgsamste Bewahrung der Wurzeltätigkeit, sowie Vermeidung starker Verdunstung nötig. Zu dem Ende Einschlagen der Pflanzen an feuchtem, schattigem Ort in lockere Erde[120]).

III. Herrichtung der Kulturfläche.

§ 45. Eine eigentliche Bearbeitung des Bodens für den unmittelbaren Kulturzweck, wie nicht selten vor einer Saat, findet im allgemeinen nicht statt, es sei denn, dass eine der im 3. Kapitel, erster Teil geschilderten Urbarmachungsarbeiten ausgeführt werden müsste. Etwaige Bodenbehandlung des Waldfeldbaubetriebs kommt an dieser

115) v. Wedekind, „Neue Jahrbücher der Forstkunde“, Heft 1.

116) Tharander Jahrbuch von 1876, 23. Bd., S. 61 ff. und Allg. F. u. J.Z. von 1878 S. 39, sowie Hess: A. F. u. J.Z. 1898, 179; Tiemann: A. F. u. J.Z. 1900, 144.

117) Vergl. Cieslar: Zeitschr. f. d. ges. Forstw. 1891, 48.

118) Gayer (Waldbau 2. Aufl. S. 356) spricht sich für mögliche Beschränkung des Beschneidens aus. Hauptsächlich bei stärkeren Pflanzen ist dasselbe oft nötig, bei schwächeren zu vermeiden. Manche (z. B. v. Buttlar) wollen eine lange Pfahlwurzel lieber zu einem Knoten schürzen! Neuestens ist von Muth (Forstw. Zentralbl. 1899, 227) eine Wurzelverschnitt-Maschine empfohlen worden, mit welcher noch im Verschulbeete den in Reihen peinlich genau verschulten Pflanzen die Wurzeln entsprechend eingestutzt werden sollen. Allgemeine Anwendung des Verfahrens nicht anzuraten.

119) Vergl. Geyer, Erziehung der Eiche zum Hochstamm.

120) Das Ausheben und Einschlagen in dünne Schichten empfiehlt sich nach Bühler (Prakt. Forstwirt für die Schweiz, 1885, Sept.—Okt.) auch zum Zurückhalten der Vegetation im Frühjahr, gegenüber von Kulturverzögerungen (durch die Witterung, Verwendung von Pflanzen aus der Ebene ins Gebirg u. s. w.); Bedecken der Beete mit Reisig erwies sich nicht als zweckentsprechend. Ferner: Bühler (Schwz. Zeitschr. 1893, 123): Nadelhölzer haben mehr Abgang als Laubhölzer, 3- und mehrjährige Nadelhölzer sind weniger empfindlich als 1- und 2jährige; bei niedriger Frühjahrstemperatur kann das Einschlagen bis zu 2 Monaten ausgedehnt werden. — Ausheben im Herbst und Einschlagen über Winter ist bei sorgfältiger Behandlung ohne Bedenken (cfr. Tübinger Versuchsgarten). Das Einschlagen der Pflanzen in Büscheln ist zu vermeiden, vielmehr reihenweise Anordnung derselben. — Event. Zurückhalten der Vegetation bei den für die Frühjahrskultur vorgesehenen Pflanzen durch Lagerung (nach dem Ausheben) auf Schnee (cfr. u. a. Kożeśnik, Zeitschr. f. d. ges. Forstw. 1894, 59).

Stelle ebenso wenig in Betracht, wie die Anfertigung der einzelnen Pflanzlöcher, welche als eine Arbeit des Vollzugs der Pflanzung aufzufassen ist. Unebenheiten, Steine, Felsen, Stöcke u. s. w. beeinträchtigen zwar vielfach einen regelmässigen Verband, sind aber kein Hindernis der Pflanzkultur an sich und verbleiben zumeist an ihrer Stelle, es sei denn, dass auf die Nutzbarmachung des Stockholzes Wert gelegt würde. Zu üppiges Unkraut, unbrauchbare Vorwüchse, nicht gewünschte Oberständer sind zu entfernen. Beim Uebergang von Mittelwald zum Hochwald oder allgemein bei Holzartenwechsel, zumal Uebergang von Laubholz zum Nadelholz, können die oft massenhaft erscheinenden Stock- und Wurzelloden für die junge Kultur sehr lästig werden und einen mehrjährigen harten Kampf bedingen. Vorheriges Entfernen der Stöcke und Wurzeln kann sich deshalb empfehlen. Uebrigens ist nicht zu übersehen, dass jene Ausschläge unter Umständen doch als Schutz- und Treibholz von Wert sein können. — Hier mag auch auf eine „Ueberwurf-Kultur“ hingewiesen werden, bei welcher auf Pflanzplätzen von 20—30 cm im Quadrat die Erde 25—30 cm tief ausgehoben und von einem Pflanzloch ins andere geworfen wird. Bei der Pflanzung kommt dann die nahrungsreichere Erde in die Wurzelregion der Pflanzen (cfr. sächs. u. schles. Forstverein 1897).

IV. Vollzug der Pflanzung.

§ 46. A. Pflanzzeit: Zu unterscheiden ist die Anfertigung der Pflanzlöcher, bezw. die Herrichtung der einzelnen Pflanzstellen und das Einsetzen der Pflanzen. 1. Die Pflanzstelle: Abstecken des Verbandes, Anfertigen der Pflanzlöcher, Bildung von Hügeln, Rabatten u. s. w. wird oft mit Vorteil (Kürze der eigentlichen Kulturzeit, geeignete Arbeitsverteilung) schon vor dem Beginn des Kulturgeschäftes vorgenommen, nicht selten für die Frühjahrspflanzung schon im Herbst, wobei man einerseits den Gewinn hat, dass die Pflanzlöcher im Winter auffrieren, die Hügelerde mürbe wird, andererseits aber auch manches Pflanzloch zugeschwemmt wird, beim Beginn der Arbeit im Frühjahr voll Wasser steht, Hügel zerfallen u. s. w. In den meisten Fällen erfolgt die Herrichtung der Pflanzstelle erst unmittelbar vor der Ausführung der Pflanzung, so dass die einzelnen Arbeiten sich in tunlichst geschickter Weise aneinanderreihen bezw. ineinanderfügen. — 2. Das eigentliche Pflanzgeschäft erfolgt im Herbst und im Frühjahr. Bedingend ist in erster Linie die Sicherheit des Gelingens, abhängig von Standort, Holzart, Beschaffenheit der Pflanzen u. s. w. Im ganzen pflanzt man nicht gern in der Saftzeit[121]). Der Winter bietet meist äussere Hindernisse (Frost, Schnee etc.), mithin ist der Spätherbst und der Anfang des Frühjahrs verfügbar. Nach der Pflanzung im Herbst wurzeln die Pflanzen während des Winters an, entwickeln sich dann unter sonst günstigen Bedingungen im Frühjahr rasch und kräftig, ohne von Trockenheit und Hitze besonders zu leiden. Dagegen sind die frischgesetzten Pflanzen während des Winters Beschädigungen durch Frost, Wasser u. s. w. mehr ausgesetzt. Im Herbst sind Arbeitskräfte oft nicht so leicht zu haben, auch wird das noch nicht gehörig gelagerte Unkraut der Kultur hinderlich. Deshalb ist die Frühjahrspflanzung mehr üblich, sollte aber in der Hauptsache vor Erschliessen der Knospen, mindestens vor energischer Triebentwickelung beendet sein. Verschiedenes Verhalten der Holzarten (Fichte lässt sich am spätesten noch verpflanzen,

121) Vergl. übrigens Dr. Walther: Wann sollen wir unsere Nadelhölzer verpflanzen? Allg. F. u. J.Z. von 1887, Aprilheft und 1890, S. 116. Daselbst wird unter Umständen der Vorsommer als geeignete Pflanzzeit empfohlen, hauptsächlich wegen des dann bei den gesetzten Pflanzen günstigeren Verhältnisses zwischen Wasserverbrauch und Ersatz durch Wasseraufnahme aus dem Boden.

Laubhölzer, sowie namentlich die Lärche im allgemeinen nicht mehr, wenn die Knospen sich öffnen). Kürze des Frühjahrs, sowie einzelne besondere Aufgaben (Rekrutierung in jungen Laubholzbesamungen, Laubholz-Unterbauschlägen etc.) veranlassen immerhin nicht selten zur Herbstpflanzung.

B. Herstellung geregelter Pflanzverbände: Eine Aufgabe der praktischen Geometrie, nachdem der Verband, die Pflanzweite, event. der Reihenabstand gegeben sind. Anwendung von Instrumenten zum Abstecken rechter Winkel (Winkelspiegel, Kreuzscheibe, Winkelprisma), von Messstangen und Absteckstäben in Verbindung mit den entsprechend eingeteilten Pflanz- und bezw. Richtschnuren oder der Bär'schen Pflanzkette mit verstellbaren Markierungen (1897). Anlehnung an gegebene Linien (Wege, Wasserläufe, Grenzen). Arbeiten aus dem Grossen ins Kleine. Nur in ebener Lage und beim Fehlen der im § 45 erwähnten Hindernisse kann auf einen regelmässigen Verband abgehoben werden.

C. Pflanzenmenge: Dieselbe ist im allgemeinen bestimmt durch die im ersten Kapitel des zweiten Abschnittes ad III, § 21 angestellten Betrachtungen. Im einzelnen Fall können besondere Gründe für die Wahl des Verbandes massgebend werden. Der mittlere Standraum der Pflanzen oder die Pflanzenzahl pro ha werden zum unmittelbaren Ausdruck der Bestandesdichte bei Pflanzungen gewählt. Die Ansichten über die zweckmässigste Pflanzweite gehen noch recht weit auseinander. Im allgemeinen ist man von sehr engen Verbänden mehr und mehr abgekommen, weil dieselbe, ganz abgesehen von dem grossen Kostenaufwand, zu bald eine nicht hinlänglich gute Entwickelung der Einzelpflanze im Gefolge haben, während meist auch mittlere Pflanzentfernungen genügend raschen Schluss und damit Bodenschutz gewährleisten. Immerhin darf mit der Pflanzenzahl pro ha nicht zu weit, sicherlich für die Mehrzahl der Fälle nicht unter 4—5000 Stück, heruntergegangen werden (vergl. u. a. die zwischen Fürst und Kozasnik geführten Debatten, Oester. Forst- u. Jagdzeitung von 1892, bezw. 1893, 34 u. 35). Berechnung der Pflanzenzahl Z für geregelte Verbände (cfr. I, A dieses Teiles, § 39): Dieselbe ist — für alle Fälle des Kulturbetriebs, zumal ja doch immer eine Reserve an Pflanzen vorgesehen werden muss, hinlänglich genau — gleich Kulturfläche F dividiert durch den Standraum der Einzelpflanze. Letzterer ist: 1. beim Reihenverband (a = Abstand der Reihen von einander, b = Entfernung der Pflanzen in den Reihen) = ab; 2. beim Quadratverband (a wird = b) = a^2; 3. beim Dreiecksverband (Dreiecksseite = a) = dem doppelten Inhalt eines gleichseitigen Dreiecks von a Seitenlänge, also = $a^2 \sin 60^0 = a^2\ 0{,}866$. Mithin hat man für

1. Reihenverband $Z = \frac{F}{ab}$,

2. Quadratverband $Z = \frac{F}{a^2}$,

3. Dreiecksverband $Z = \frac{F}{a^2 . 0{,}866} = \frac{F}{a^2} \times 1{,}155$.

Für 1 ha = 10000 □m ergibt sich

z. B. ad 1) für	a = 1,0 m,	1,2 m,	1,5 m	
	b = 0,8 m,	1,0 m,	1,0 m	
	z = 12500,	8333,	6667	u. s. w.
ad 2) für	a = 1,0 m,	1,2 m,	1,5 m	
	z = 10000,	6944,	4444	u. s. w.
ad 3) für	a = 1,0 m,	1,2 m,	1,5 m	
	z = 11547,	8018,	5132	u. s. w.

Rechnerische Modifikationen, auch bei regelmässigen Flächen, je nachdem man mit den

Pflanzenreihen näher oder weniger nah an die Umfangslinien der Kulturfläche heranrückt, können ausser betracht bleiben. — Im grossen Durchschnitt ist 1 □Meter Standraum noch als ziemlich enger, 1,2 □Meter Standraum als mittlerer Verband zu bezeichnen; doch finden sich, je nach den wechselnden Umständen, auch vielfach engere, ab und zu auch weitere Verbände (z. B. 0,9 zu 0,7 mit ca. 16 000 Pflanzen pro ha).

§ 47. D. Verschiedene Pflanzverfahren. 1. Ballenpflanzen: Dieselben Instrumente, welche zum Ausheben der Pflanzen benutzt werden (cfr. II, E dieses Teiles, § 44) dienen in der Regel auch zum Anfertigen der Pflanzlöcher, welche in allen Fällen einen der Gestalt und Grösse des Wurzelballens möglichst entsprechenden Raum darstellen sollen, so dass jener, nach leichtem Druck mit der Hand, rings an der Lochwandung fest anschliesst. Die Ballen werden mindestens bis zu ihrer oberen Grenzfläche in den Boden eingesenkt. — 2. Ballenlose Pflanzen: Die Pflanzung mit denselben ist entweder Lochpflanzung oder Obenaufpflanzung; bei ersterer werden die Pflanzen in Löcher eingesetzt, bei letzterer stehen sie mit ihren Wurzeln über der Fläche des gewachsenen Bodens; a) Lochpflanzung: Im allgemeinen das übliche Verfahren. Die Pflanzen sollen in der Regel nach dem Einsetzen so tief im Boden stehen, wie vor dem Ausheben[122]), also normal etwa bis zur Grenze von Wurzel und Schaftteil. Sehr häufig findet man bei den Kulturarbeitern die Neigung, die Pflanzen zu tief in den Boden zu bringen. Alle Wurzeln sind möglichst in ihre natürliche Lage zu bringen und mit fruchtbarer Erde dicht zu umgeben; die geringere Erde ist oben auf zu füllen. Auf sorgfältigsten Vollzug der Pflanzung, möglichst unter Verwendung von Pflänzlingen mit unverstümmelten Wurzeln, ist streng zu halten; scharfe Kontrolle ist erforderlich[123]). Zu den Lochpflanzungen gehören u. a. 1. die gewöhnliche Hackenpflanzung: Anfertigung des Pflanzloches mit Spaten und Hacke. Pflanzung entweder an den Rand oder in die Mitte des Loches. Im ersteren Falle ist an der einen Seite des Loches der Rand steil abgestochen, und hier lehnt man den Pflänzling, um ihm Halt zu geben, an. Aber nur bei der Pflanzung in die Mitte des Loches können die nach den verschiedenen Seiten auslaufenden Wurzeln ihre normale Lage erhalten. Bei der Pflanzung stärkerer Exemplare (Halbheister, Heister) empfiehlt sich die Benutzung des Rebmann'schen Pflanzenhalters, welcher die Pflanze an der gewünschten Stelle und in erforderlicher Höhe festhält, so dass der Arbeiter beide Hände zum Umfüttern der Wurzeln mit Erde frei hat. — 2. Pflanzung nach Biermans: Fertigen des Pflanzloches mit dem Spiralbohrer. Einsetzen besonders (unter Anwendung von Rasenasche) hierfür erzogener Pflänzlinge (2—3jährig), ebenfalls unter Verwendung von Rasenasche oder guter Kulturerde. Gut im Erfolg auf mittelbündigem, nicht verwurzeltem und nicht steinigem Boden, aber nicht sehr rasch arbeitend. Besondere Arbeiter, welche die Löcher fertigen, gehen hier, wie auch meist bei der gewöhnlichen Pflanzung, mit der Hacke den Pflanzern voraus. — 3. Das Buttlar'sche Eisen: in mässig bindigem Boden zu verwenden; das Instrument (spitzer Eisenkeil mit gebogenem Handgriff) wird geworfen, so dass es bis zum Griff senkrecht im Boden steckt. In das durch das Herausziehen gebildete Loch kommt ein eigens erzogener Pflänzling (lange Wurzelstränge); durch Beistechen mit dem Eisen wird die Erde an die Wurzeln gedrückt. Das Verfahren fördert sehr; der nämliche Arbeiter macht das Loch und setzt die Pflanze (Führung des Eisens mit der rechten, der Pflanze mit der linken Hand). — 4. Das Warttemberg'sche Eisen: ein

122) Ausnahme z. B. hie und da die Kiefer im Sand, welche daselbst zunächst etwas tiefer eingesenkt wird, weil sich der lose Sand doch noch merklich setzt.

123) Vergl. u. a. Reuss (Wiener Kongress 1890 und Ueber die nachteiligen Einflüsse naturwidriger Pflanzmethoden etc.), sowie Kožešnik: Zeitschr. f. d. ges. Forstw. 1889, 477 und 1892, 105.

Stosseisen mit Stiel und Krücke. Zur Kiefernpflanzung (lang hinabhängende Wurzelstränge) häufig benutzt; die Erfolge neuestens viel angefochten[124]. — 5. Das Setzholz, der Pflanzdolch u. s. w.

Die Zahl der Kulturinstrumente ist Legion, teils neue Erfindungen, teils Modifikationen bekannter älterer Werkzeuge (z. B. eine Abart des Biermans'schen Spiralbohrers mit schraubenförmig gewundener Spitze des Blattes, von Forstmeister Lang in Neuenbürg). Uebung ist Hauptsache, gute und zugleich rasche (billige) Arbeit Erfordernis. Unter Umständen weitgehende Arbeitsteilung nach den Einzelmanipulationen, wie Anfertigen der Pflanzlöcher, Einlegen der Pflanzen, Andrücken derselben u. s. w. Rasches Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten ist zu bewirken. Verwendung von Frauen beim Pflanzen gestattet wohlfeilere und vielfach auch sorgfältigere Arbeit. Zahl der insgesamt zu verwendenden Arbeitskräfte nicht grösser, als dass dieselben noch gut überwacht werden können. Tagelohn- und Akkordarbeiten in Uebung; letztere zulässig, wenn für Verfehlungen hohe Strafen angesetzt sind. Besonders ist darauf zu achten, dass nicht die Pflänzlinge vor dem Einsetzen mit freiliegenden Wurzeln der Sonne und dem Wind ausgesetzt sind.

Alle bisher angeführten Instrumente fertigten ein nach den verschiedenen Seiten ganz oder annähernd gleich weites Pflanzloch. Ihnen stehen gegenüber die Instrumente 6. zur Spaltpflanzung: Pflanzlöcher spaltförmig, d. h. im Querschnitt ein Rechteck mit stark verschiedener Länge der beiden Seiten oder eine Ellipse mit sehr verschiedenen Achsen darstellend, dementsprechend unsymmetrische Lagerung der Wurzeln, welche bei allen Spaltpflanzungen zu beanstanden ist. Nur für geringe Pflänzlinge (1—2jährige) geeignet. Rasche Arbeit. Es werden u. a. benutzt der gewöhnliche Spaten, der Solinger Spaten, das Pflanzbeil[125] (z. B. im vorderen Odenwald), der Keilspaten (Main-Rheinebene), der Stichlitz (in Sachsen, cfr. Pöpel: Thar. Jahrb. 1890) u. s. w. — b) Obenaufpflanzung: 1. Eigentliche Hügelpflanzung[126]: Auf der Pflanzstelle wird aus Erde ein Hügel geformt, in welchen die Pflanze gesetzt wird; dieselbe steht mit ihrem Wurzelknoten meist in der Spitze des Hügels. Wo Windgefahr besonders zu fürchten, könnte behufs Ausbildung einer starken Stützwurzel vielleicht mit Vorteil seitlich an den Hügel gepflanzt werden. Anfertigung der Hügel oft im Herbst. Das Verfahren gut für feuchte Böden, aber nicht billig[127]. Gegen Austrocknen kann man die Hügel durch Belegen mit Rasen sichern. Als erweiterte Hügelpflanzung kann die Bepflanzung von Rabatten (zusammenhängende Hügel) aufgefasst werden. Die „Hochpflanzung und Pflugbalkenkultur", wobei im Herbst mit dem Waldpfluge Riefen ausgeworfen und dann die umgeklappten Balken im Frühjahr bepflanzt werden, mag hier erwähnt sein[128]. — 2. Die v. Manteuffel'sche Hügelpflanzung[129]: Die (mit möglichst horizontal streichender Wurzel erzogenen) Pflanzen werden auf den benarbten Boden gestellt und über ihrem Wurzelsystem ein Erdhügel geformt, welcher demnächst mit zwei sichelförmigen Rasenplaggen (Rasenseite nach unten) bedeckt wird. Teuer, weshalb nicht als allgemeines Kulturverfahren, sondern nur für Ausnahmsfälle. — 3. Pflanzung mit Setzreisern und Setzstangen: Letztere hauptsächlich bei Pappeln, erstere bei Weiden[130]. Glatte

---

124) Vergl. Muhl, „Zur Ehrenrettung des Kiefernjährlings". Allgem. F. u. J.Ztg., 1886. Juliheft.

125) Vergl. Allg. F. u. J.Zeitung v. 1866, S. 121.

126) Vergl. „Aus der Fichtenwirtschaft des Ellwanger Forstes". Allg. F. u. J.Z. von 1880 S. 333.

127) Im württemberg. Revier Rossfeldt kosten 1000 Hügel durchschnittl. 12 Mk., das Einpflanzen 3 Mk., Gesamtaufwand pro ha ca. 100—120 Mk.

128) Paasch: Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1890, 351.

129) V. Manteuffel, „Hügelpflanzung", 3. Aufl. 1865.

130) Vergl. § 48 betr. die Spezialfälle bei Pappel und Weide.

Schnittfläche, Einstecken am besten in ein vorher gefertigtes Loch. Setzstangen sind an einen Baumpfahl zu binden. — 4. Pflanzung durch Absenker: Umlegen von Stockloden behufs Bewurzelung der mit dem Boden in Berührung kommenden Stellen, danach Abtrennen vom Mutterstock. (Ausnahmsweise an manchen Steilhängen z. B. in der Eifel, zur Ausbreitung der Bestockung angewendet.)

V. Schutz und Pflege der Pflanzkulturen.

§ 48. Beschränkt sich im allgemeinen auf die Bekämpfung des Unkrautes (ähnlich wie bei den Saatflächen), auf das Offenhalten etwa vorhandener Entwässerungsgräben, Anhäufeln der Erde um stärkere Heister, Einfriedigung gegen Wild, Sicherung der Pflanzen auf offenen Kulturen gegen Wildverbiss, gegen Mäuse, Eichhorn (Abbeissen der Gipfeltriebe bes. an Tanne und Nordmannstanne), worüber Näheres im „Forstschutz“. Zur Sicherung gegen Wind, namentlich bei der Aufforstung von Oedland in exponierten Höhenlagen, empfiehlt sich Pflanzung in Vertiefungen hinter Dämmen.

Viertes Kapitel.

Bestandesbegründung bei den einzelnen Holzarten.

Vorbemerkung. Nur in kurzen Andeutungen sollen hier die wesentlichsten Verjüngungsarten zusammengestellt werden, welche man in der forstlichen Praxis bei den einzelnen Holzarten antrifft. Besondere standörtliche und wirtschaftliche Verhältnisse stellen jeweils spezielle Aufgaben. Das Studium der nachgewiesenen Literatur in Verbindung mit der Beobachtung im Walde muss die Kenntnis der Details vermitteln. Insbesondere ist von den eingangs aufgeführten Werken hier auf Burckhardts Säen und Pflanzen wiederholt hinzuweisen. Uebrigens wird auch die Besprechung der Betriebsarten (4. Abschnitt) zu einschlagenden Bemerkungen vielfach Gelegenheit geben.

I. Laubhölzer.

§ 49. 1. Rotbuche[131]).

Natürliche Verjüngung durch Samenabfall bildet die Regel, doch findet sich auch natürliche Verjüngung durch Ausschlag, sowie durch Absenker, ferner künstlicher Anbau durch Saat und Pflanzung.

A. Natürliche Verjüngung:

a) Durch Samen: Hauptsächlich im Schirmschlagbetrieb. Die in § 26 geschilderten Hiebsführungen (Vorbereitungshieb, Samenschlag, Nachlichtungen) haben insbesondere bei der Rotbuche Platz zu greifen, und zwar kommen sie je nach Umständen mit allen daselbst angedeuteten Modifikationen bezüglich des Tempos, in welchem vorgegangen wird, sowie des Grades der einzelnen Eingriffe in den Mutterbestand vor. Wird die Verjüngung ohne länger andauernde allmähliche Vorbereitungshiebe im wesentlichen durch eine entsprechend stärkere Durchlichtung zwecks unmittelbarer Schlagbesamung eingeleitet, so spricht man von der „Verjüngung aus vollem Ort“. Eventuell Bodenverwundung bei Eintritt eines Mastjahres (Kurzhacken, Rechen, Schweineeintrieb, Pflug, Egge), namentlich auf schlechteren Partien. Wo der Erfolg zweifelhaft, wird am besten nicht lange zugewartet, sondern zur Auspflanzung mit Nadelholz (Fichte,

131) Vergl. Grebe, Der Buchenhochwald, 1856. — Knorr, Studien über die Buchenwirtschaft, 1863. — Kohli, Zur Geschichte der natürlichen Verjüngung der Buche im Hochwalde. Suppl. zur Allg. F. u. J.Z. 1873, IX. Bd. — Frömbling, Münd. forstl. Hefte, Nr. III. — Hahn, Zeitschr. f. F. u. Jw. 1892, 435. — Kraft, das. 628. — Martin, Folgerungen der Bodenreinertragstheorie, Bd. 1, 1894, Die Buche. — Sellheim, Mündener forstl. Hefte Nr. 13. — Versammlung des bad. Forstvereins von 1895. — Fürst. Zur Verjüngungspraxis der Rotbuche, Forstw. Zentralbl. 1898, 271. — Hils-Solling-Verein, 1898.

Forche) geschritten. Gefahr durch Frost und Hitze, sowie durch Forstunkräuter ist in erster Linie für die Art der Nachlichtung entscheidend; langsameres Vorgehen bietet hiergegen im allg. mehr Schutz als rasches Nachhauen; die Gewinnung eines Lichtungszuwachses an den Mutterbäumen kommt bei der Buche (Brennholzart) meist weniger in Betracht. Genügend reichliche und regelmässige Masten je nach dem Standort vom 70. bis 100. Jahre ab (oft noch früher).

Galt noch im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts die gelungene Durchführung der natürlichen Samenverjüngung eines reinen Rotbuchenbestandes (nach den G. Ludw. Hartigschen Generalregeln: Vorbereitungsschlag, Samenschlag, Dunkelschlag, Auslichtungsschlag) als vornehmste Aufgabe forstlicher Kunst, so ist die Wertschätzung solcher Leistung heute begreiflicherweise (cfr. § 14, S. 435) nicht mehr die gleich hohe. Trotzdem spielt die natürliche Buchenverjüngung in der waldbaulichen Tätigkeit noch eine Hauptrolle, namentlich in allen Fällen, in welchen die Buche als Mischholzart den Grundbestand zu bilden hat. Dass übrigens auch der reine Buchenbestand örtlich noch sehr gewürdigt wird, beweisen die Erörterungen, welche die dänische Buchenwirtschaft in den letzten Jahren erfahren hat, im Anschluss an die Schilderung derselben durch Dr. Metzger („Dänische Reisebilder", Mündener forstl. Hefte, 1896, IX. und X. Heft). Daraufhin, sowie nach den Verhandlungen verschiedener Forstversammlungen (z. B. Stuttgart, 1897, cfr. S. 533 — Pommer'scher Forstverein, 1900 — Wiesbadener Versammlung, 1900) ist auch die Verjüngung der Buche lebhaft besprochen und namentlich auch in der Richtung diskutiert worden, ob die im dänischen Buchenwalde angeordneten Massregeln auf Deutschland zu übertragen sein möchten. Auch die reiche Vollmast des Jahres 1888 hatte bereits zu vielfachen Aeusserungen über deren zweckmässigste Ausnutzung Anlass gegeben.

Die dänische Wirtschaft bedient sich grundsätzlich einer intensiven Bodenbearbeitung (event. Anwendung der Rollegge — cfr. Metzger, Allg. F. u. J.Z. 1900 279), sodann vielfach der Blockpflanzung unter schwachem Schirmstand, d. h. der Pflanzung von 1jähr. Buchen in Reihen und zwar durch Einsetzen von Ballen bezw. Plaggen, mit je mehreren Pflänzlingen aus engem Stand im Saatbeet entnommen. Besonders charakteristisch ist dann eine intensive Bestandspflege, welche — unter Erhaltung des Zwischen- und Unterstandes so lange, bis die Schaftreinigung besorgt ist — schon frühzeitig auf besonders gute Entwickelung immer beschränkten Zahl späterer Haubarkeitsstämme abzielt (Darüber später unter „Bestandeserziehung"). Rasche Schlagräumung.

In der Regel kann man eine nat. Buchenverjüngung in 20 Jahren gut durchführen; günstige Verhältnisse gestatten die volle Schlagräumung schon nach 12—15 Jahren; Ausdehnung des Verjüngungszeitraumes auf mehr als 20 Jahre nur in Ausnahmefällen erforderlich.

Auch im Rotbuchen-Verjüngungsschlage findet sich, wenn auch nicht so regelmässig wie bei der Tanne, so doch nicht selten von früheren (als dem planmässig zu benützenden) Mastjahren her Aufschlag auf der ganzen Fläche oder als Vorwuchsgruppen und -Horste vor, welche jedoch im Schirmschlagbetrieb im allgemeinen nicht besonders gepflegt werden. Dies schliesst jedoch nicht aus, dass man ihn, soweit entwickelungsfähig, bei der Verjüngung mitbenutzt. Sperrwüchse sind nicht zu dulden.

b) Durch Ausschlag: Im Mittelwald, soweit die Rotbuche im Unterholz desselben vertreten sein soll; bekanntlich gibt sie nicht andauernd reichliche Ausschläge, so dass sie sich hier wenig eignet.

c) Durch Absenker[133]): Ausnahmsweise in besonders kritischen Lagen (steile, sonnige Einhänge).

B. Künstlicher Anbau:

Derselbe kommt zur Verjüngung bereits vorhandener Buchenbestände ausnahms-

---

132) Vergl. u. a. Thaler, Allg. F. u. J.Z. 1898, 113. — Metzger, A. F. u. J.Z. 1898, 346. — Eulefeld, Aus dem Walde 1898, 4, sowie Forstw. Zentralbl. 1898, 131 und A. F. u. J.Z. 1898, 188. — Metzger, Vortrag f. d. Versammlung zu Schwerin 1899. — Speidel, A. F. u. J.Z. 1899, 261. — Graser, Forstw. Zentralbl. 1899, 121. — Hauch, A. F. u. J.Z. 1900, 225.

133) Vergl. u. a. v. Fischbach im Forstw. Zentralblatt von 1887 S. 137 ff.

weise dann in Frage, wenn man aus irgend welchen Gründen das Eintreten einer Mast überhaupt nicht abwarten oder es nicht auf den Erfolg einer nächsten Mast ankommen lassen will, nachdem bereits eine oder mehrere Besamungen fehlgeschlagen sind. Ausserdem bei Bestandesumwandlungen, sowie in Gestalt des Unterbaues.

a) Saat: kommt als Vollsaat, Riefensaat und Plätzesaat vor (letztere beiden häufiger), Voraufgehende Bodenverwundung ist auch bei der Vollsaat meist wünschenswert.

b) Pflanzung: meist 2—3jährige Pflanzen (manchmal auch Jährlinge), welche (besonders 2jährige) zweckmässig mit dem Beil oder der Hacke gepflanzt werden; auch wohl geringe Ballenpflanzen mit dem Hohlbohrer oder Plaggenpflanzung, wie in Dänemark (cfr. oben ad A, a). Keimlingspflanzung ist in Elsass in grösserem Umfange ausgeführt worden (Vers. zu Schirmeck 1890), sogar Kotyledonenpflanzung kommt vor. Anwendung stärkerer Pflanzen (bis Halbheister) für Nachbesserung, hie und da auch beim Unterbau ganzer Schläge, doch stets teuer und weniger sicher, freilich an manchen Orten (Heidelbeerüberzug etc.) nicht zu vermeiden. Einzelpflanzung ist Regel; auf trockenem, flachem und steinigem Boden hie und da Büschel. Nach der Vollmast des Jahres 1888 hat man da und dort Ballenpflanzung (mit je etwa 20 Keimpflanzen in 1 Ballen, zumal zur Nachbesserung ungenügend besamter Steilhänge angewendet[134]). Pflanzmaterial vielfach aus Schlägen, oft Anzucht auf besonderen Beeten unter Nadelholzschutzbestand, sowie im Forstgarten.

2. Eiche[135]):

Je mehr allgemein die Ueberzeugung platzgreift, dass umfängliche Nachzucht der Eiche — jedoch nur auf wirklich guten Eichenböden, denen es, im Verein mit den erforderlichen klimatischen Bedingungen, nicht an mineralischer Kraft, entsprechender Gründigkeit und Frische mangelt — auch im Hinblick auf Rentabilität angezeigt ist, um so lebhafter wird die zweckmässigste Art ihres Anbaues, bezw. ihrer Wiederverjüngung besprochen, auf Versammlungen sowohl, wie in der Literatur. Die Unterscheidung von Stiel- und Traubeneiche wird dabei mit Recht von vielen Seiten gefordert. Nach Ney (1900) „Die Ausnützung der 1890er Eichel- und Buchelmast“ soll auf ständig mindestens feuchten Orten die Stieleiche, auf frischen Böden der I. und II. Bonität die Stiel- und Traubeneiche, auf allen übrigen Eichenstandorten nur die Traubeneiche Verwendung finden (Aus d. Walde, 25). Der Anbau im reinen und im gemischten Bestande, namentlich die Mischung der Eiche mit der Buche, werden oft gleichzeitig erörtert und können auch kaum ganz scharf getrennt gehalten werden, da die Grenze zwischen dem reinen und gemischten Bestande (cfr. § 11, e) nicht unzweideutig gegeben ist, und namentlich beim Anbau der Eiche deren Einbringen in den Buchengrundbestand entsprechend der jeweiligen Bodenbeschaffenheit oft (Spessart, Pfalz) in derart grossen Horsten erfolgt, dass nicht mehr ein gemischter Bestand, sondern eine Auflösung des Bestandes auf der Abteilungsfläche in eine Mehrzahl einzelner reiner Bestände vorliegt.

A. Natürliche Verjüngung:

a) Durch Samen: Im Hochwald durch Benutzung des unter einzelnen Altstämmen oder in Gruppen und Horsten von solchen sich ansiedelnden Nachwuchses, sowie durch planmässige Herbeiführung einer Naturbesamung (entsprechende vorgängige Bestandeslichtung, Bodenverwundung etc.) im reinen, sowie als Vorverjüngung im gemischten Bestande etc. In guten Mastjahren stellt sich Eichenaufschlag oft in erstaunlicher Menge ein; es wäre verfehlt, wollte man denselben, der kostenlos geboten wird, geeigneten Falles nicht benutzen. Zweifel können nur entstehen, wenn eine umfäng-

---

134) Vergl. von Manteuffel, Die Eiche, deren Anzucht, Pflege und Abnutzung. 1869. — Martin, Folgerungen der Bodenreinertragstheorie, 4. Bd. 1898. Die Eiche im Hochwaldbetriebe.

135) Moosmayer, Aus dem Walde, 1891, 8.

liche Vorbereitung der natürl. Besamung erforderlich würde, und letztere überdies nicht rechtzeitig erfolgte; dann hat künstliche Kultur einzutreten.

b) Durch Ausschlag: Im Niederwald und Mittelwald durch Stockloden; ferner auch wohl durch Schaftloden an Schneitelbäumen.

B. Künstliche Bestandesgründung.

Dieselbe bildet im Hochwald immerhin die Regel, weil selbst da, wo in einem zu verjüngenden Altbestande Eichen in der gewünschten Menge und Verteilung bereits vorhanden sind, die Nachzucht ausschliesslich durch Samenabfall oft nicht genügend sicher erscheint (Lichtbedürfnis der jungen Pflanzen, obwohl vielfach überschätzt[136]), Abgang durch Mäuse, Vögel, Wild etc.). Die Saat wird an manchen Orten schon seit längerer Zeit, neuerdings allgemeiner, vor der Pflanzung bevorzugt. Warum sollte, wenn nur das Verzehren der Eicheln durch Tiere oder etwa Verstocken derselben im Boden und demnächst Schädigung der Pflanzen durch Unkraut hintangehalten werden können, die junge Pflanze nicht an dem Orte keimen, an welchem sie im Bestand stehen soll? Man spart die Pflanzkosten, ausser den Kosten der Pflanzenerziehung, und vermeidet die immerhin missliche Behandlung der in der Jugend schon kräftig entwickelten Pfahlwurzel.

a) Saat: als Vollsaat (Punktsaat unter Anwendung verschiedener Eichelstecker, des Eichelhammers, der Hacke, der Pook'schen Doppelhacke etc.), sowie als Riefen- und Plätzesaat. Dichten Saaten wird im allgemeinen der Vorzug gegeben, damit der Neigung der Eiche, zumal der Stieleiche (und noch mehr der amerikan. Roteiche), sich frühzeitig breit in die Aeste auszulegen, durch engen Stand der Pflanzen, sodann auch dem Unkraut entgegengearbeitet wird. Die Saat erfolgt keineswegs immer auf der Freifläche, vielmehr wird da und dort (cfr. z. B. Kraft, A. F.- u. J.-Z. 1891, 361. — Hauch, A. F.- u. J.-Z. 1900, 225. — Hils-Sollingverein 1900) der Ansaat unter lichtem Schutzbestande, zumal im Hinblick auf Frost und Unkräuter, der Vorzug gegeben. Als Spezialfall der Rillensaat kann die z. B. im Spessart manchmal (Rohrbrunn) angewendete Leitersaat gelten, bei welcher auf 40 cm breiten Streifen die Eicheln (7—8 Hektol. pro ha) in Querrillen eingelegt werden.

b) Pflanzung: meist mit Forstgartenpflanzen und zwar sowohl mit 2jährigen Saatbeetpflanzen als auch (in der Regel) 3- bis mehrjährigen verschulten Pflänzlingen (bis zum Starkheister zur Nachbesserung in Mittelwaldungen, Auspflanzung im Wildpark etc.); event. Verschulung der 1—2jährigen Pflanzen. Meist Pflanzung mit ballenlosen Pflänzlingen. Pfahlwurzel bei der Kultur oft hinderlich, dann event. Einstutzen derselben (siehe § 43). Anwendung von Stummelpflanzen (abwerfen nahe über dem Wurzelknoten) kann sich bei der Eiche unter Umständen empfehlen: sicheres Anschla-

136) Vgl. Geppert, Erfahrungen über die Verjüngung der Eichenbestände (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen v. 1887 S. 153 ff.). Daselbst wird vom ostpreuss. Revier Flatow berichtet, dass künstliche Bestandesgründung nach Kahlhieb nicht gelinge, während sich die Eiche unter dichtem Birkenvorwuchs in erfreulicher Menge natürlich ansame und lange wuchskräftig erhalte, wie dies ebenso in Kiefernstangenorten in solchem Umfange der Fall sei, dass deren Umwandlung in Eichenbestände dadurch möglich werde. — Einschleppen von Eicheln in Nadelholzbestände durch Nusshäher: die daraus entstehenden jungen Eichen sind oft überaus zählebig, bilden meist zunächst ein kräftiges Wurzelsystem aus und sind infolgedessen nach der Freistellung nicht selten vollkommen entwickelungsfähig. Vergl. auch Dr. Ed. Heyer, Beitrag zum reinen und gemischten Eichenniederwald und -Hochwald etc. (Allg. F. u. J.Z. v. 1884 S. 207 u. S. 229). — Vielfach sehr gute nat. Verj. durch Samen auf Schieferböden der Rhein- und Moselgegend. — Gelegentlich der Versammlung deutscher Forstmänner zu Würzburg (1885) hat sich Fürst mehr gegen, Kienitz mehr für die natürl. Verjüngung der Eiche ausgesprochen. Die für letztere erforderliche Bodengare sollte allmählig herbeigeführt werden.

gen, kräftige Triebe (doch nicht selten anfänglich mehrere gleichwertig). Anzucht guter Heister, nicht selten durch mehrfaches Verschulen, Beschneiden etc.[137]). Heisterpflanzung ist im Erfolg oft recht zweifelhaft und hat stets nur als Ausnahme zu gelten, auch wegen der grossen Kosten der Pflanzenerziehung und des Pflanzgeschäftes, wobei namentlich das Anfertigen entsprechend grosser Pflanzlöcher, event. Formieren von Hügeln (auf (feuchtem Boden) sehr ins Gewicht fällt.

Pflanzung von 2jähr. Pflänzlingen in gut gelockerte Riefen fördert rasch und ist demgemäss billig, auch genügend sicher, wird aber (siehe oben) durch Saat vielfach ersetzt. Empfohlen wird jene Pflanzung z. B. von Mortzfeld (Zeitschr. f. F. u. J. 1896, 2) auf seinen kleinen (ca. 10 ar grossen) Löchern im Buchengrundbestand. Das von manchen Wirtschaftern (cfr. z. B. Reiss, A. F. u. J.Z. 1896, 309) unternommene Einbringen der Eiche auf kahl gehauene Kulissen ist meist zu gunsten des horstweisen Anbaues oder der Einzelmischung wieder aufgegeben worden. Verwilderung der Eichen an den Kulissenrändern, sowie örtlich massenhaftes Auftreten der Maikäfer wurden dabei besonders beklagt. Je nach Umständen streifenweises Einbringen der Eichen auf Pflugfurchen.

c) Spezialfall des Waldfeldbaues, wobei die Eiche (mittelst Saat oder Pflanzung) auf gerodetem Lande nach Kahlabtrieb nachgezogen wird.

In Frostlagen bedarf die Eiche vielfach des Schutzes (mindestens seitlich) durch eine frostharte Holzart (Forche, Birke etc.), welcher durch lichten Vorbau oder Zwischenbau zu gewähren ist. — Wiederholt sei betont, dass nur frische, kräftige Böden dauernd der Eichenzucht gewidmet werden sollten; man darf die Eiche, so schätzbar sie als Nutzholzart ist, doch einem zu geringen Standort nicht aufzwingen wollen; sonst sind wirtschaftliche Verluste unvermeidlich!

3. Hainbuche:

Verjüngung durch Stockausschlag im Mittelwald (für diesen eine sehr schätzbare Holzart), sowie als meist reichliche (oft infolge des meist jährlichen grossen Samenerträgnisses zu reichliche!) Beimischung im Hochwald durch Samenanflug. Künstlicher Anbau nur in besonderen Fällen, wie z. B. Pflanzung beim Unterbau von Eichen auf feuchteren, kälteren Stellen, wo die Rotbuche gefährdet ist: 2—3jährige (Schlag- oder Saatschul)-Pflanzen. Hainbuchen-Kopfholzstämme gelegentlich auf Viehtriften; für diesen Zweck Heisterpflanzung.

4. Esche:

Auf besonders kräftigem, frischem Boden stellt sich Eschenanflug auch unter dichtem Kronendach nicht selten in solcher Ueppigkeit ein, dass derselbe im Falle natürlicher Verjüngung des Bestandes sehr in Betracht kommt. Vielfach auch künstlicher Anbau dieser Holzart: ausnahmsweise durch Saat (z. B. Plätzesaat in kleinerem Umfang), meist durch die infolge reichlicher Bewurzelung sehr sichere Pflanzung, zu welcher gewöhnlich ballenlose, vorzugsweise verschulte Pflänzlinge (1—3jährig verschult, meist 2jähriges Belassen im Pflanzbeet), seltener Schlagpflanzen benutzt werden. Zur Ergänzung des Oberholzes im Mittelwald, soweit daselbst nicht Stockausschläge benutzt werden, ferner zum Einsprengen in bereits herangewachsene Buchenhegen oder auf sehr unkrautreiche Orte oft stärkere Pflanzen (event. nochmals verschulte Heister). — Esche als Schneitelstamm durch Heisterpflanzung.

5. Ulme:

Pflanzung mit verschieden starken Forstgartenpflanzen (je nach den Umständen

137) Vergl. Schwappach, Zur Frage der Erziehung von Eichenheistern (Zeitschr. f. Forst- u. J.wesen 1887 S. 2 ff.). Nach den daselbst mitgeteilten Versuchen der Hauptstation für Versuchswesen in Preussen hat 2malige Verschulung (zwischen dem ersten und zweiten Umsetzen nur 2 Jahre) mit möglichst wenig Eingriffen in den natürlichen Entwickelungsgang die besten Ergebnisse geliefert, sowohl in Absicht auf das Pflanzmaterial als auf die Kosten.

von der 1jährigen Lode bis zum Starkheister) bildet die Regel. Sicheres Anschlagen. Ausschläge im Mittelwald.

6. Ahorn:

Natürlicher Aufwuchs aus Samen sowie als Stockausschlag nicht selten benutzbar (Stehenlassen nur einer Lode auf dem Stock); sonst meist Pflanzung mit verschulten 3—4jährigen Pflänzlingen, nach Bedarf auch älteren Pflanzen (Stummelpflanzen in exponierten Lagen manchmal anzuraten!), seltener Saat (hie und da Plätze-, auch wohl breitwürfige Saat, gleichzeitig mit Esche, in Buchenschlägen zur Zeit der Samenschlagstellung oder schon einige Zeit vorher im Stadium des Vorbereitungshiebes).

7. Erle:

Natürliche Verjüngung durch Ausschlag (Niederwald), sonst meist Pflanzung mit verschultem Material verschiedener Stärke, je nach den Umständen; vielfach am besten Stummelpflanzen. Pflanzzeit in Brüchern meist der Herbst; oft mittelst Kreuzstichs[138]). Rabattierung zu empfehlen: Hügelstreifen ev. mit je 4 Pflanzen dicht nebeneinander.

8. Linde:

Im deutschen Walde, obwohl die Holzart wegen ihrer Nutzholzqualität für manche technische Zwecke sehr beachtenswert ist, doch nicht häufig Gegenstand ausgedehnteren Anbaues (dann aber Pflanzung sehr sicher); meist Stockausschläge.

9. Pirus-, Prunus- und Sorbus-Arten, wo sie künstlich eingebracht werden (Alleen etc.), durch Pflanzung. Im Inneren der Bestände meist natürlich durch Ansamung oder Ausschlag.

10. Birke:

Meist reichlicher Anflug, sobald nur einige Samenbäume vorhanden; auch Stockausschläge. Künstlicher Anbau durch Saat (z. B. Vollsaat zur Erziehung eines Schutzbestandes; Behandlung des Bodens nach der Saat mit der Strauchegge) oder durch Pflanzung (meist Schlagpflanzen) am besten zeitig im Frühjahr.

Hier mag besonders darauf hingewiesen werden, dass die beiden Birkenarten, Betula verrucosa und B. pubescens, in ihrem waldbaulichen Verhalten sehr verschieden sind. B. pubescens ist dichter in der Krone, viel mehr eine Holzart feuchter Böden, findet sich z. B. in reinen Beständen auf der Grenze der Brücher (Versuchsflächen in Ostpreussen), mit Erträgen bis zu 300 fm im 70. Jahre.

11. Falsche Akazie:

Pflanzung mit Saatschulpflanzen[139]).

12. Zahme Kastanie[140]):

In Deutschland wegen der klimatischen Bedingungen, welche sie für ihr Gedeihen fordert, zumal ihres Wärmebedürfnisses, nur in beschränktem Umfange (Pfalz, Elsass etc.) als Waldbaum verbreitet; besonders geschätzt als Holzart des Niederwalds (Gewinnung von Rebpfählen): Stockausschläge reichlich und kräftig. Begründung neuer Bestände meist durch Pflanzung mit 1—3jährigen (in der Mehrzahl der Fälle 2jährigen) Loden,

---

138) Zu vergl. u. a. die Verhandlungen des mecklenbg. Forstvereins und preuss. Forstvereins (je 1889, Zeitschr. f. F. u. J. 1889, S. 559 bezw. 469); ferner „Wirtschaft in Erlenbrüchern", Zeitschr. f. F. u. J. 1895, 497.

139) Bund, Z. f. F. u. J. 1899, 199 „Aufforstung der Sandflächen und Steppen in Ungarn". Danach soll Ungarn bereits 70000 ha reine Akazien haben, meist Niederwald in 20jähr. Umtrieb. Bodenlockerung landwirtsch. Vorbau, dann Pflanzung.

140) Vergl. Kaysing, Der Kastanienniederwald, 1884. — Aufsätze in der Allg. F. u. J.Z. 1879 S. 206; 1883 S. 37 (Osterheld — Pfalz); 1883 S. 241 (Rebmann — Elsass). — Engler, „Die Edelkastanie in der Zentralschweiz". — Merz, schweiz. Forstver. 1895 und v. Sutter, Schweiz. Zeitschr. 1895. — Osterheld, A. F. u. J.Z. 1895 „Edelkastanie im Pfälzer Wald".

Anzucht der nötigen Pflanzen (pro ha 6000—8000 Stück erforderlich) in rigolten Saatbeeten (Spitze der Frucht beim Einlegen nach unten!): Kosten der Erziehung pro 1000 2jähriger Pflanzen ca. 12 Mark. Pflanzung im Frühjahr mit der Hacke oder einem Klemmeisen (spatenartig abgeändertes Buttlar'sches Eisen); Pflanzen teils unbeschnitten, teils (besser) nach Einstutzen der Seitenäste oder als Stummelpflanzen. Jährliches Reinigen und Behacken der Kultur. Bodenpflege durch Grabenziehen („Belebungsgräben"). — Saat hie und da als Vollsaat (bezw. Punktsaat, wie bei der Eiche) mit 3 Hektoliter Kastanien pro ha (30000 Stück) oder Rillen- oder Plätzesaat. Gefahr durch Wildschweine.

13. Pappel:

Für den Anbau kommt besonders die Schwarzpappel oder die kanadische Pappel in Betracht. Letztere ist wertvoller. Die Pflanzung erfolgt durch Setzstangen, welche aus Stockausschlägen zu gewinnen, wohl auch in der Pflanzschule zu verschulen sind. Bei der Aspe verpflanzt man meist Wurzelbrut. Doch wird auch künstl. Samenverjüngung empfohlen (Paul in Deutsche Forst-Zeitg. 1899), desgleichen Erziehung von verschulten Aspenpflänzlingen (Forstrat Hofmann in Forstl. Ztrlbl. 1902, S. 360).

14. Weide[141]):

Die verschiedenen Weidenarten erfordern je besondere Behandlung. Für Korbweiden ist durchschnittlich am besten (nach Krahe) Pflanzung von 30 cm langen Stecklingen (1—4jähriges Holz), senkrecht in den 50 cm tief rigolten Boden und zwar in engem Verband (50 zu 10, also bis 200000 Stück pro ha!). Bodenpflege (Behacken), event. Düngen etc. Grabenkultur und Grubenkultur örtlich in Anwendung; ebenso nesterweises Einpflanzen der Stecklinge. — Am meisten empfohlen Salix viminalis, amygdalina, sowie eine Mischsorte aus S. viminalis und purpurea. Bei der Wahl entscheidet zuerst der Boden, dann die Masse des Aufwuchses (sehr ertragsreich sind u. a. Mandelweiden), sowie die Flechteigenschaften, die Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse (am härtesten sind Purpurweiden), die Blattmenge (S. viminalis, amygdalina besser als Purpurweide). Man soll nicht verschiedene Arten untereinander pflanzen.

Die als ein Hauptteil des sog. Weichholzes in den Schlägen auftretenden Weiden (besonders S. caprea, cinerea etc.) erscheinen meist als Ausschläge und durch Samenanflug.

II. Nadelhölzer.

§ 50. 1. Weisstanne.

Wenn irgend eine Holzart, so ist die Tanne vermöge ihrer Eigenschaften zur natürlichen Verjüngung durch Samenabfall bestimmt. Künstliche Bestandesgründung ist — abgesehen von den (neuerdings zahlreich auftretenden) Fällen, in welchen die Neuanlage von Tannenbeständen erfolgen soll — Ausnahme und findet meist nur da statt, wo wirtschaftliche Missstände (Ueberalthölzer, Sturmlücken etc.) eine natürliche Verjüngung überhaupt nicht mehr oder nicht mit der nötigen Sicherheit erhoffen lassen. Die künstliche Bestandesgründung findet sich als Saat und als Pflanzung.

A. Natürliche Verjüngung[142]):

Dieselbe ist namentlich in den letzten 20 Jahren Gegenstand eingehender Er-

141) Vergl. Schulze, Die Kultur der Korbweide, 1874. — Schmid, Die Anpflanzung und Kultur der Korb- und Bandweiden, 1883. — Krahe, Lehrbuch der rationellen Korbweidenkultur, 4. Aufl. 1886. — Zschimmer, Anbau der Korbweide, Thar. Jahrb. 1888, 1. Heft. — Aumann, Weidenhegerbetrieb in Flussniederungen, Zeitschr. f. F. u. J. 1894, 712. — Korbweidenkultur längs der österr. Eisenbahnen, Oesterr. Forst- u. J.-Ztg. 1894. 11. — Piccioli, La coltura dei salici, 1896. — Dekert, Ueber Weidenzucht, Münd. Forstl. Hefte 15 v. 1896. — Danckelmann, Zeitschr. f. F. u. J. 1898, S. 652.

142) Vergl. u. a. die Referate und Debatten bei der deutschen Forstversammlung zu

örterung gewesen. Sie erfolgt im Femelbetrieb und im Schirmschlagbetrieb, bezw. im Femelschlagbetrieb (vergl. vierter Abschnitt). In allen diesen Fällen kommt die Zählebigkeit der Tanne, sowie ihre langsame Jugendentwickelung in Betracht. Eine Folge ihres grossen Schattenerträgnisses ist, dass sich Besamung meist ohne besonderen Vorbereitungshieb und Samenschlag oft schon im 70—80jährigen Bestandesalter reichlich einstellt, mindestens auf denjenigen Stellen und in deren Umgebung, welche durch Auszug von Krebstannen, eingesprengten Mischhölzern u. s. w. etwas (wenn auch nur mässig) gelichtet sind. Werden solche Aushiebe schadhafter oder sonst unerwünschter Bäume in gesteigertem Masse nötig, tritt vielleicht Windwurf hinzu, so entstehen Löcher im Bestande, auf welchen der Jungwuchs bald in die Höhe geht; deren allmähliche Erweiterung führt nach und nach zur Verjüngung des ganzen Bestandes.

Wo sich dieser die Regel bildende Vorgang nicht (gewissermassen ganz von selbst) abspielt, hat man es in der Hand, die Verjüngung (in längerem oder kürzerem Zeitraum) mittelst gleichförmiger Schlagstellung durch den ganzen Bestand hin (regelmässige Vorbereitungshiebe mit gleichmässiger, allmählicher Durchlichtung etc. — Schirmschlag Gayers) oder derart durchzuführen, dass man die einzelnen Bestandespartien nacheinander verjüngt, bezw. sich jene Löcher durch gruppen- und horstweise Eingriffe künstlich schafft (horst- und gruppenweise Verjüngung Gayers — vergl. auch: zweiter Abschnitt, 2. Kap. A, II, 2—4, § 26—28, und vierter Abschnitt). Gleichmässige Schirmschlagstellung auf schmalen Streifen verbürgt den Erfolg event. ebenso sicher wie Löcherhiebe und verdient unter Umständen wegen grösserer Uebersichtlichkeit im Fortgange der Verjüngung den Vorzug.

Hinsichtlich des Verjüngungszeitraumes wird die Erwägung massgebend, ob man im konkreten Falle auf raschere Erstarkung des Jungwuchses oder auf längeres Andauern des Lichtungszuwachses an den Mutterbäumen den grösseren Wert legt. Ueber die etwaige Benutzung des Vorwuchses siehe § 53; erstreckt sich die vollständige Verjüngung eines Bestandes, d. h. die Ersetzung sämtlicher heute im Bestande vorhandener Individuen durch neue, auf die ganze Umtriebszeit, so kommt man zum eigentlichen Femelbetrieb.

Im wesentlichen ist es für die Art der nat. Tannenverjüngung zunächst entscheidend, ob man grundsätzlich möglichst ein Mastjahr zur Erzielung des Jungbestandes benutzen will (Schirmschlag) und demgemäss mit gleichmässiger Schirmstellung über die ganze Fläche hin vorgeht, oder ob der allmählichen, partienweisen Verjüngung (Femelschlagbetrieb. Gruppen- und Horstwirtschaft, Benutzung mehrerer Samenjahre) der Vorzug gegeben werden will. Martin stellt beide Methoden an Wert gleich. Genügende Samenjahre hat man fast überall in 3- bis 5jährigen Zwischenräumen. Beides lässt sich machen; aber tatsächlich kommt man ganz von selbst bei der Tanne fast immer zu einer mehr oder minder scharf ausgeprägten Gruppenwirtschaft, weil sich, wie oben angeführt wurde, Anflug in der Regel schon in Beständen einstellt, welche noch nicht planmässig zur Verjüngung stehen und dieser Anflug sich wenigstens teilweise bis zur Zeit der planmässigen Verjüngung wuchskräftig erhält, bezw. schon zu gut entwickelten Vorwüchsen ausbildet.

Wildbad 1880 (Die Referate finden sich in der Allg. Forst- u. J.Z. von 1880: Schuberg S. 304, Probst S. 311), ferner Verhandlungen des badischen Forstvereins zu Wolfach 1884. — Magenau, „Tannenverjüngung auf dem Jura". Allg. Forst- u. J.Z. v. 1887 S. 312 ff. — Martin, Folgerungen . . ., 2. Bd. 1895, Die Weisstanne. — Wirtschaftsregeln für Elsass-Lothringen, 1892. — Carl, Allg. F. u. J.Z. 1893, 163, 204. — Kautzsch, Allg. F. u. J.Z. 1193, 350. — Ders., Beitrag zur Tannenfrage (1895). — Mencke, Allg. F. u. J.Z. 1897, 287. — Baudisch, Zeitschr. f. d. ges. Forstw. 1897, 101. — Weinkauff, Die Tanne auf d. Buntsandstein des Pfälzer Waldes, A. F. u. J.Z. 1897, 331, 344. — Schaal, Die Weisstanne in Sachsen, A. F. u. J.Z. 1898. — Kautzsch, A. F. u. J.Z. 1898, 220. — Gretsch, Forstwirt. Zentralbl. 1898, 455.

Dazu tritt dann die Entscheidung darüber, ob man die Verjüngung im ganzen rascher oder langsamer durchführen und demgemäss nur kleinere oder aber grössere Altersunterschiede im Jungbestande haben will. Wenn auch die Bedingungen, unter denen die Tannenwirtschaft geführt wird, örtlich keineswegs immer die nämlichen sind (z. B. in Baden auf der Westseite, in Württemberg auf der Ostseite, d. h. im Regenschatten des Schwarzwaldes, — Seenähe in Oldenburg), so liegt doch fast überall die Möglichkeit verhältnismässig rascher Verjüngung (in 20—30jährigem Zeitraume) vor. Dass, wie von vielen behauptet wird, die Eigenart der Tanne entschieden auf längere Verjüngungsdauer hinweise, scheint mir nicht zuzutreffen. Die vielfach verbreitete Ansicht, als ob die Weisstanne nur einmal in ihrem Leben guten Anflug erzeuge, und solcher namentlich über ein gewisses Alter des Bestandes hinaus nicht mehr erfolge, ist keinesweg überall bestätigt.

B. Künstlicher Anbau:

Allgemein unter Schutzbestand besonders wegen der Frostempfindlichkeit und starken Verdunstung der Tanne. Doch in Notfällen (siehe oben) auch im Freien, dann aber fast ausschliesslich mittelst Pflanzung; genügender Erfolg hauptsächlich bei grosser Luftfeuchtigkeit.

a) Saat:

Sie kommt gelegentlich (Elsass-Lothringen) in abständigen Orten unter dem Schirm des gelichteten Altbestands, dann aber hauptsächlich bei Umwandlung anderer Holzarten in Tanne und beim Unterbau in Anwendung, in Ausnützung guter Samenjahre. Meist als Riefen- oder Plätzesaat; Aussaat am besten noch im Herbst. Dabei erfolgt allgemein, ganz besonders aber bei Anlegung horizontaler Riefen an Hängen oft mit Vorteil die Aussaat des Samens auf den am Riefenrande angehäuften Aufwurf, damit die Keimpflanzen nicht, wenn in der vertieften Riefensohle stehend, von Wasser zugeflösst und von Laub etc. überlagert werden; überdies besonders kräftige Wurzelbildung auf dem Riefenrande. Der Aufwurf befindet sich am Hange am unteren Riefenrande.

b) Pflanzung:

Beim Unterbau meist 4—6jährige, einmal verschulte Pflanzen. Material für die Verschulung liefern massenhaft die Riefen- und Plätzesaaten, sowie die natürlichen Besamungen; andernfalls Anlegung besonderer Saatbeete. Wird in kontinuierlichem Zuge die Umwandlung auf grösseren Flächen durchgeführt, so findet man vielfach Saat und Pflanzung (je nach dem Ausfall der Samenernte, der verfügbaren Pflanzenmenge etc.) in verschiedentlich variierter Kombination. Dabei verdient der Altersvorsprung der Pflanzung Beachtung. Verwendung meist ballenloser Pflänzlinge unter Benutzung der Hacke. — Zur Pflanzung auf Kahlflächen werden (besonders wegen Unkräuterwuchs) manchmal stärkere, zweimal verschulte Pflanzen verwendet (teuer!).

Gefährdung der Tannenkulturen durch Wildverbiss.

2. Fichte:

Bei derselben treten alle für ein Nadelholz überhaupt in Frage kommenden Kulturmethoden in lebhafte Konkurrenz, hauptsächlich deshalb, weil bei ihr die Freilandskultur in den meisten Fällen ebenso möglich ist, wie die Verjüngung unter einem Oberstand. Es handelt sich vielfach nur um „gut" und „besser"; neben gewissen allgemeinen Grundsätzen sind vorzugsweise bei der Fichte örtliche Erwägungen von Fall zu Fall entscheidend, und es ist begreiflich, dass gerade über ihren Anbau von jeher lebhaftester Meinungsaustausch stattgefunden hat.

Man findet natürliche und künstliche Verjüngung, letztere als Saat und Pflanzung, beide wieder in den verschiedensten Formen. Die ursprünglich wohl allgemeine natürliche Verjüngung ist vielenorts fast vollständig durch Kahlschlagwirtschaft mit nachfolgendem künstlichem Anbau verdrängt worden; neuestens kehrt man in verschiedenen Gegenden wieder mehr zur natürlichen Verjüngung zurück. Von jeder einseitigen generellen Befürwortung einer bestimmten Methode sollte man absehen.

A. Natürliche Verjüngung:

Die Gründe zu gunsten derselben sind in der Hauptsache die allgemein gegen Kahlhieb geltend gemachten, vornehmlich den Bodenzustand betreffenden[143]). Eigentlicher Femelbetrieb, abgesehen von höheren Gebirgslagen, selten; Schirmschlagbetrieb oder Femelschlagbetrieb ist Regel, letzterer, wenn (cf. Gayer) die ausgesprochene Absicht vorliegt, einen ungleichförmigen Bestand nachzuziehen. Im ganzen muss die Verjüngung in rascherem Tempo geführt werden wie bei der Tanne, der junge Aufwuchs der Fichte verlangt baldigst einen bedeutenderen Lichtgenuss (Modifikationen je nach Oertlichkeit), mithin meist stärkere Eingriffe schon in Gestalt von Vorbereitungshieben und demnächst auch rascheres Nachhauen. — Verjüngung durch Randbesamung, wenn je, so am ersten bei der Fichte noch zulässig (siehe 2. Kapitel A, I dieses Abschnittes).

So sehr von vielen Seiten die natürliche Verjüngung empfohlen wird, so entschieden darf man sich andererseits darauf berufen, dass durch künstlichen Anbau in grosser Ausdehnung tadellose Bestände erzielt worden sind; zumal wenn, im Gegensatz zu grossen zusammenhängenden Kahlhieben, mit Schmalschlägen operiert wird, die nicht alljährlich, sondern je erst nach mehrjährigen Zwischenräumen aneinandergereiht werden, bedarf es der natürlichen Verjüngung nicht. Ob letztere in allen Fällen das Ziel billiger (event. kostenlos) erreichen lässt, ist im Hinblick auf das oft überraschend gute Wachstum künstlicher Kulturen mindestens fraglich. Ueberdies wird der Besamung von nicht wenigen Wirtschaftern die wünschenswerte Sicherheit abgesprochen: die Fichte sei launisch in bezug auf die Besamung. — Ungleichaltrige Bestände, wie sie der Femelschlagbetrieb liefert, werden auch bei der Fichte von manchen bevorzugt; sie sollen (cfr. z. B. Engler) die Vorteile von gemischten Beständen ersetzen. Um im Jungbestande grössere Altersdifferenzen zu erhalten, soll man mit den Hieben im Verjüngungsbestande zeitweilig aussetzen.

B. Künstliche Bestandesgründung.

Die Frage, ob Saat oder Pflanzung vorzuziehen sei, wird verschieden beantwortet. Saat soll mehr Schutz gewähren gegen Rüsselkäfer und auch gegen Wild; auch für Loshiebe (Schmalstreifen) sei oft Saat besser, wogegen auf grossen Kahlschlägen die Pflanzung, event. mit schmalen Saatstreifen längs des Altbestandes, vorzuziehen sei[144]).

a) Saat: Als Vollsaat, Riefen- und Plätzesaat, letztere im ganzen seltener. Spezialfall der Vollsaat z. B. im früheren württembergischen Waldfeldbau, Forst Ochsenhausen[145]). — Gelegentlich auch Fichten-Dammsaat[146]): Aussaat auf erhöhte Saatstellen (analog der Hügelung beim Pflanzen) bei undurchlassendem, tonigem Untergrund und starker Grasnarbe. Dämme $^1/_2$ m breit, 10—15 cm hoch, 1,5 m Abstand von Mitte zu Mitte.

b) Pflanzung: Als Einzel- und als Büschelpflanzung; als Loch- und als Hügelpflanzung, event. auf Rabatten; mit 2—6jährigen Pflänzlingen (mit oder ohne Ballen), hie und da mit noch stärkerem Material (bei Nachbesserungen); unter Anwendung der verschiedensten Instrumente (Buttlars Eisen, Spiralbohrer, Hacke, Stossspaten etc.).

Pflanzenmaterial liefern Schläge, bezw. Saatstellen (z. B. massenhaft die Wald-

143) Neuestens ist namentlich den Fichtenpflanzungen, gegenüber der natürl. Verjüngung, die Bildung zahlreicher Doppelgipfel, die ungünstigere Beastung, stärkere Rotfäule etc. vorgeworfen worden. — Vergl. Grasmann, Beobachtung in Fichtenpflanzbeständen (Forstw. Zentralblatt von 1886 S. 560 ff.), Grasmann, Entgegnung an Rommel (Allg. F. u. J.Z. v. 1887 S. 130), dagegen für die Pflanzung Dr. Stoetzer, „Zur Frage der Rätlichkeit des Fichtenanbaues durch Pflanzung" (Forstw. Zentralblatt v. 1887 S. 404). — Martin, Folgerungen . . ., 5. Bd. 1899, Die Fichte. — Engler, „Verjüngung der Rottannenbestände, Schweiz. Zeitschr. 1899, 1. — Broillard, Revue des coux et forêts, 1897.

144) Vergl. Neumeister, Thar. Jahrb. 1889, II, 105.

145) Vergl. Allg. F. u. J.Z. von 1884 S. 341.

146) Vergl. Schulze, Fichtendammsaat. Tharand. Jahrbuch 1887 S. 92 ff.

felder); meist Verschulen (1- und 2jährige Pflanzen) und danach 2jähriges Belassen im Pflanzbeet. In windigen Freilagen, wie u. a. auf Hochflächen des Gebirgs, keine zu starken Pflanzen (Losrütteln durch den Luftzug vor dem festen Anwurzeln), event. Pflanzung in Löcher oder hinter kleine Schutzdämme. — Verbandweite je nach dem Wirtschaftszweck (z. B. Einfluss des Hopfenstangenhandels) sehr verschieden; Reihenverband findet sich z. B. von 0,5 zu 0,9 Meter bis zum Quadratverband mit 2,0 und mehr Meter Seite (derart weite Verbände natürlich nur ausnahmsweise).

Die Frage, ob Einzelpflanzung oder Büschelpflanzung (cfr. auch oben § 40), schien ziemlich allseitig zu gunsten der Einzelpflanzung erledigt, als dieselbe bei Gelegenheit der Versammlung deutscher Forstmänner zu Braunschweig 1896, den meisten Anwesenden unvermutet, wieder aufgeworfen, und dabei von manchen Seiten die Büschelpflanzung warm befürwortet wurde. Als Regel kann die letztere jedenfalls nicht allgemein gelten. Jedenfalls ist dabei der Fehler, dass zu viele Pflanzen in 1 Büschel vereinigt werden, zu vermeiden. — Wie bei jeder Pflanzung, so ist bei der Fichte ganz besonders vor zu tiefem Einsetzen des Pflänzlings in den Boden zu warnen. — Für Moor- und Torfböden wird Ballenpflanzung auf Rabatten bes. empfohlen[147]).

3. Gem. Kiefer:

Für diese galt, während man früher offenbar die natürliche Verjüngung durch Schlagbesamung häufiger fand, in den letzten Jahrzehnten doch im allgemeinen die künstliche Bestandesbegründung auf der Kahlfläche (durch Saat oder Pflanzung) als Regel. Resultate dieser Art der Verjüngung vielfach vortrefflich, doch teilweise auch recht zweifelhaft, namentlich infolge von Bodenverhagerung, sowie insbesondere von Maikäferschaden. Darum neuestens wieder zahlreiche Stimmen für natürliche Verjüngung durch Randbesamung (?) oder — zumeist — durch Schirmschlag[148]).

A. Natürliche Verjüngung:

Insbesondere auf besseren Standorten zulässig. Sie vollzieht sich um so leichter, je luftfeuchter das Klima ist (Ostpreussen, russ. Ostseeprovinzen). Verhältnismässig rasche Nachlichtung, wenn sich Aufschlag eingestellt hat, ist mit Rücksicht auf das Lichtbedürfnis der Kiefer, bezw. raschere Erstarkung des Jungwuchses erwünscht. Beihilfe durch Saat oder Pflanzung auf Fehlstellen ist dem langen Warten auf vollständigen Aufschlag vorzuziehen.

Der Kampf um die natürliche Verjüngung der Kiefer war bis vor kurzem ein recht heftiger; in den letzten Jahren ist dieser Frage gegenüber wieder mehr Ruhe eingetreten. Man wird die natürl. Verjüngung unter für dieselbe günstigen Verhältnissen nicht ausschliessen, mindestens unter Umständen als willkommene Zugabe zur künstlichen Bestandsbegründung betrachten, aber das von manchen Seiten empfohlene geduldige, lange Zuwarten — (oft reichen 20—25 Jahre noch nicht zur vollständigen Besamung einer Abteilungsfläche hin!) — kann nicht gutgeheissen werden, gegenüber zumal der Raschheit und Sicherheit, mit der in vielen Fällen die künstliche Bestandesbegründung erfolgt. Hochanstehender Grundwasserspiegel, Bodenverwundung durch Waldweide, Streunutzung begünstigen die natürl. Besamung. Auch wird der angeflogenen jungen Kiefer grosse Ent-

147) Otte, Deutsche Forst-Zeitung 1899, 230.

148) Vergl. Borggreve. Holzzucht S. 136 ff. Daselbst wird in einer unzweifelhaft zu sehr generalisierenden Weise die Rückkehr zur natürl. Verj. gefordert und zwar mit einer verhältnismässig dunklen Schlagstellung; Gesamtverjüngungszeit 10—20 Jahre. Bei entsprechend langem Zuwarten soll man genügenden Aufschlag erhalten. — Vergl. auch Danckelmann, Zeitschr. f. F. u. J. 1887 S. 64 ff., sowie Pfeil, Die deutsche Holzzucht. — Weise, Münd. Forstl. Hefte V, 1, 1894. — Stettiner Versammlung deutscher Forstmänner 1892. — Preuss. Forstverein, 1889. — Hoffmann, Forstl. Blätter 1889, 161. — Mayr, „Studien im nordwestl. Russland“, A. F. u. J.Z. 1890, März bis Mai. — Reiss, „Naturverjüngung der Kiefer“, Forstw. Zentralbl. 1898, 5. — Martin, Folgerungen . . ., 3. Bd. 1896, Die Kiefer.

wickelungs- und Widerstandsfähigkeit nachgerühmt; örtlich, zumal bei hoher Luftfeuchtigkeit, soll sie selbst starken Schirmdruck ertragen. Auf kleinen Löcherflächen samen sie sich besonders leicht an, auf Lücken in Stangenhölzern und angehenden Baumorten. Immerhin liefert sie gerade dann stets horstförmig differenzierte Bestände, die sich bei der Kiefer wohl am wenigsten empfehlen. Dass die Maikäfergefahr durch die natürliche Verjüngung vermindert werde, ist nicht unbestritten.

B. Künstlicher Anbau.

Sowohl die Saat als die Pflanzung hat ihre Vertreter.

a) Saat: Meist unter Verwendung entflügelten Samens, hie und da Zapfensaat[149]). Entweder Vollsaat (nach vorheriger Entfernung stärkeren Bodenüberzugs; bei nur kurzer Grasnarbe vorheriges Wundmachen des Bodens mit der Egge — Strauchegge — auch wohl Aussaat ohne dieses und nachheriges Ueberfahren mit der Egge; hie und da nur Schafauftrieb oder, wenn der mineralische Boden nur ganz licht überkleidet ist, häufig auch Unterlassen jeglicher besonderen Vor- und Nacharbeit) oder Riefensaat (in der Ebene event. unter Anwendung einer Säemaschine; öfters vorheriges Furchenpflügen) oder endlich Plätzesaat (Anwendung des Kreisrechens). Für das nordöstl. Heimatsgebiet der Kiefer wird der Saat, zumal auf besseren Böden, entschieden der Vorzug gegeben, wenigstens vor der Jährlingspflanzung, weil letztere dort niemals gute Schneidehölzer liefere[150]).

b) Pflanzung: Mit ballenlosen Pflänzlingen und mit Ballenpflanzen (besonders gut — rasch fördernd und wohlfeil, dabei von bestem Erfolg — u. a. der Heyer'sche Hohlbohrer von 5—7 cm Weite), 1- und 2jährige Pflanzen bis zum Heister aufwärts (zu Nachbesserungen). Zur Pflanzung mit ballenlosen Pflänzlingen Anwendung verschiedener Instrumente: Keilspaten, Pflanzstock u. s. w. Vorsicht mit vorherigem starkem Anschlemmen! Neuestens lebhafte Erörterung über die Pflanzung 1jähriger Kiefern[151]) und die Anwendung der Klemmpflanzen (Wartemberg'sches Eisen). Unter Umständen Kiefernanbau auf Pflugwällen: 60 cm breite abraumartige Erhöhungen, auf welche gepflanzt wird[152]). — Pflanzweite verschieden; beim Voranbau behufs Nachzucht einer schutzbedürftigen Holzart in weiterem Verband.

Spezialfall der Kiefer im Waldfeldbau: 1—2jährig gepflanzt im Rodland, Reihen in 1,5 m Entfernung; Pflanzabstand in den Reihen 0,5 m.

4. Schwarzkiefer:

Meist Pflanzung 1—4jährig. Schwierige Umstände bei Bewaldung steiler Kalkhänge.

5. Lärche:

Unter gegebenen Bedingungen, z. B. in luftfeuchten, niederschlagsreichen, sonnigen Hochgebirgslagen, stellt sich Anflug ein, so dass sich die natürliche Verjüngung leicht vollzieht. Doch meist künstlicher Anbau und zwar

a) Saat: behufs Einsprengung der Lärche in andere Holzarten, entweder breitwürfig oder als Plätzesaat (z. B. 2 kg Lärchen- und 5 kg Kiefernsamen zur Erzielung einer Mischung der Kiefer mit der Lärche im Verhältnis von etwa 5 : 1, da Lärchensamen meist wesentlich geringere Keimfähigkeit hat als die Kiefer);

b) Pflanzung: meist verschultes Material (3—4jährig, seltener als stärkerer Heister und dann zweckmässig unter Einstutzen der unteren Zweige; es kommt darauf

149) v. Alemann, Ueber Forstkulturwesen, 3. Aufl. 1884 S. 65 ff.

150) Schlickmann, Forstl. Bl. 1889, 129.

151) Vergl. Muhl, Zur Ehrenrettung des Kiefern-Jährlings. Allg. F. u. J.Z. von 1886 S. 221 ff., woselbst die neuere Literatur über die Frage nachgewiesen ist. — Danckelmann, Handspaltpflanzung von Kiefern-Jährlingen, Zeitschr. f. F. u. J. 1889, 1.

152) Scott-Preston, Zeitschr. f. F. u. J. 1888, 512.

an, dass die Lärche ihrer Umgebung voraneilt). Anwendung der Hacke. Gewöhnlich eingesprengt in andere Holzarten (Laubholz- wie Nadelholzbestände, Mittelwald), einzeln oder horstweise oder in Reihen, an Wegrändern u. s. w.; hie und da in reinem Bestande, der dann frühzeitig unterbaut wird, doch eignet sich die Lärche dazu im ganzen wenig

6. Weymouthskiefer[153]:

Meist Pflanzung mit verschultem Material (3—4jährig); doch finden sich auch vortrefflich gelungene natürliche Verjüngungen[154].

7. Zirbe, Arve, Pin. cembra[155]:

Meist Pflanzkultur, auf gut bearbeitetem Boden. Pflänzlinge event. in besonderen hochgelegenen Zirbengärten erzogen.

8. Pinus montana:

Meist Pflanzung (Oedlandaufforstung, Dünenbewaldung etc.).

III. Gemischte Bestände.

§ 51. Angaben über die leitenden Gesichtspunkte finden sich bereits im ersten Abschnitt, III, B, 3. Ueber die Ausführung der Kulturen ist besonders zu bemerken, dass den langsam wüchsigen Holzarten der erforderliche Vorsprung vor ihrer Umgebung zu gewähren ist. Dazu dient ganz besonders der Voreinbau auf Löcher und Blössen, durch welchen namentlich die Eiche mittelst Saat in die Buchenbestände einzubringen ist. Auch hat man zu gleichem Zweck völlige Kulissenschläge angewandt, welche jedoch nicht allenthalben den gehegten Erwartungen entsprochen haben. In derartigen Löchern sind auch Ahorn und Eschen im ersten Stadium der Buchenverjüngung in die Buchenbestände einzubringen. Ebenso ist bei der Absicht einer Einmischung der Weisstanne und Buche in die Fichtenbestände zu verfahren[156]. Der Femelschlagbetrieb bietet hierzu die beste Gelegenheit. Statt der Saat kann auch Kleinpflanzung gewählt werden.

Die Anwendung der Pflanzung stärkerer Exemplare findet ihre Stelle, wenn in den Buchenverjüngungen die edlen Holzarten erst nach erfolgter Ansamung der Buche eingebracht werden sollen. In diesem Falle kann ihnen der erwünschte Vorsprung nur durch Einpflanzung gut verschulter kräftiger Heister gewährt werden. Ebenso pflanzt man Kiefern und Lärchen systematisch in die Buchenverjüngungen ein. Wählt man hierbei kräftige Pflanzen, so arbeiten sich dieselben durch den Buchenwuchs hindurch, erlangen Schaftreinheit und geben hochwertige Nutzhölzer. Fichten pflanzt man wegen der grösseren Schwierigkeit ihrer Schaftreinigung besser in Gruppen auf grösseren

153) Pinchot u. Graves, The white Pine (1896). — Erdmann, Allg. F. u. J.Z. 1898, 396.

154) Wappes, Forstl. naturw. Zeitschr. 1896, 205: natürl. Verjüngung der P. strobus im Pfälzer Wald in 440 m Meereshöhe.

155) Woditschka, Oester. F. u. J. 1900, 163. — Conz, Schweiz. Zeitschr. 1897.

156) Vergl. Gayer, Der gemischte Wald 1886. Darin sind auch hinsichtlich der Kultur eine Menge äusserst schätzbarer Erörterungen niedergelegt. Als wesentlichstes Mittel der Erhaltung wertvoller Bestandesmischungen betrachtet Gayer den Vorbau, bei welchem die Mischholzart vor Aberntung des jetzt vorhandenen Bestandes eingebracht wird. Derselben wird dadurch (neben horstweiser Isolierung, für welche bekanntlich G. im allgemeinen eintritt) ein Altersvorsprung gegeben, hinreichend, um die Erhaltung der eingesprengten Holzart wenigstens bis zur ersten Durchführung zu sichern. Von da ab kann die Bestandespflege einsetzen. Warum dabei auch der künstliche Voranbau der einzelnen Horste innerhalb einer Abteilung grundsätzlich nach und nach erfolgen soll, ist nicht recht ersichtlich. Die Ungleichförmigkeit im einzelnen Bestande sollte nicht weiter gehen, als erforderlich ist, um die vollkräftige Entwickelung des Mischwuchses zu gewährleisten.

Fehlstellen nach erfolgter Räumung, insbesondere auf Stellen mit verwildertem Boden.

Die Herstellung der Mischung von Kiefer und Fichte erfolgt auf Kahlschlägen durch gleichzeitigen Anbau beider Holzarten, entweder getrennt nach den Unterschieden des Standorts, oder in gleichmässiger Mischung, besonders durch Saat. Doch ist zu beachten, dass die Kiefer hierbei leicht vorwüchsig und sperrig wird, wenn sie nicht in dichter Stellung erwächst, so dass sie in Schluss kommt. Ein Uebermass der Beimischung von Fichten ist hier vom Uebel.

In allen Mischungen ist eine sorgfältige Bestandespflege von grösster Wichtigkeit.

Durch Vorkultur eines Schutzholzes, insbesondere der Birke, hat man unter nachträglichem Anbau des Nadelholzes ebenfalls gemischte Bestände erzogen, so z. B. in Bayern auf den ausgedehnten durch Nonnenfrass entstandenen Kahlschlägen. Der „Vorwald“ gewährt den später emportreibenden Hauptholzarten Schutz gegen Frost, Hitze etc.

Die Ergänzung des Oberholzes im Mittelwald, meist durch Pflanzung von Heistern (Esche, Ahorn, Eiche) sowie von Nadelhölzern, besonders Lärchen, kann auch als eine Begründung gemischter Bestände angesehen werden.

Dritter Abschnitt.

Die Bestandeserziehung.

Vorbemerkungen.

§ 52. Alle waldbaulichen Massnahmen, welche von der Bestandesbegründung an bis zum Zeitpunkte der Hiebsreife oder allgemeiner bis zu den direkt auf Begründung eines Neubestandes abzielenden Wirtschaftsoperationen vorgenommen werden, gehören in das Gebiet der Bestandeserziehung. Die Bestandesbegründung ist beendet, sobald der Boden mit derjenigen Menge entwickelungsfähiger junger Individuen bedeckt ist, welche für das Heranwachsen eines den Wirtschaftszwecken entsprechenden neuen Bestandes erforderlich ist; ausser der ersten Bestandesanlage gehören also zur Bestandesbegründung auch alle Nachbesserungen, sowie die allmähliche Entnahme des bei der natürlichen Verjüngung zunächst verbliebenen Oberstandes. Hingegen sind alle diejenigen Eingriffe, welche planmässig in die Substanz des neu erwachsenden Bestandes erfolgen, als Massnahmen der Bestandeserziehung aufzufassen. Beim Femelbetrieb lässt sich eine scharfe Scheidung beider Kategorien von Wirtschaftsoperationen nicht leicht durchführen.

Aufgabe aller Bestandeserziehung oder Bestandespflege ist es, die Entwickelung der Bestände so zu leiten, dass dieselben dem Wirtschaftszweck möglichst vollkommen entsprechen. Damit dies Ziel erreicht werde, müssen nicht nur alle Gefahren fern gehalten und die nachteiligen Wirkungen etwa eingetretener Beschädigungen auf ein möglichst geringes Mass reduziert werden, sondern es muss auch der in ungefährdetem Wachstum stehende gesunde Bestand innerhalb des durch den Wirtschaftszweck gegebenen Rahmens der höchstmöglichen Leistung zugeführt werden.

Durch die Betonung des Wirtschaftszweckes ist, sofern dieser wechseln kann, die starre Schulregel vermieden, der Wirtschaft eine gewisse Beweglichkeit gewahrt, dem Willen des Waldbesitzers, dessen Interessen an verschiedenen Orten und unter verschiedenen Umständen sehr von einander abweichende sein können, der nötige Spielraum gesichert. Es kommt also vor allem darauf an, die wirtschaftlichen Ziele, welche zu verfolgen sind, klar zu stellen. Im allgemeinen hat man dieselben in der höchsten Rentabilität des Betriebes zu erblicken, und da in den meisten Fällen dem Nutzholz

der höhere Wert zukommt, und unter dieser Gesamtrubrik wiederum die stärkeren Stangen und das Stammholz in guter marktfähiger Ware (bestimmte Länge und Stärke, Geradschaftigkeit und Astreinheit) gewöhnlich den Ausschlag geben, so kann man, wenigstens für die meisten Hochwaldungen, unbedenklich die Anzucht möglichst vielen und guten Langnutzholzes als Wirtschaftszweck hinstellen, zumal in neuerer Zeit die immer weitergehende Verwendung von Surrogaten den Brennholzmarkt fast überall so wesentlich eingeschränkt hat. Selbstredend sind in jedem einzelnen Falle die Absatzverhältnisse aufs sorgfältigste zu beachten; die gewerblichen Verhältnisse bringen es nicht selten mit sich, dass einzelne Sortimente örtlich eine erhöhte Bedeutung erlangen, infolge deren ihrer Anzucht, sofern sich dieselben nicht beim gewöhnlichen Betrieb in genügender Menge nebenbei ergeben, besondere Sorge gewidmet sein muss. Dass bei aller Bestandserziehung im Interesse des jetzt vorfindlichen Bestandes, sowie insbesondere mit Rücksicht auf die Nachhaltigkeit der Wirtschaft die Bodenpflege eine hervorragende Rolle zu spielen hat, ist selbstverständlich, übrigens auch in den bisherigen Erörterungen schon mehrfach betont worden.

Einen Uebergang zwischen Bestandesbegründung und -erziehung bilden diejenigen Massregeln, welche, unmittelbar an die Vornahme der Kultur anschliessend, die allererste Entwickelung der jungen Pflanzen fördern, bezw. schützen sollen, also z. B. Ausstechen von Pflanzen in (absichtlich oder unabsichtlich zu dichten Saaten[157]), Auftreiben von Schafherden gegen Stockausschläge und gegen Unkraut, Ausschneiden des Grases zwischen den Saat- und Pflanzreihen, Ausraufen der Unkräuter u. s. w. Alle diese Vornahmen dienen zwar unzweifelhaft schon der Bestandeserziehung, können aber auch noch als zur Ausführung der Kultur selbst gehörig oder als direkte Massregeln des Forstschutzes betrachtet werden; sie sollen deshalb und, weil die eigentliche Bestandeserziehung doch in und mit dem auf der Fläche erwachsenden Material an Holzpflanzen arbeitet, an dieser Stelle nicht weiter besprochen werden.

Die Bestandeserziehung umfasst nach dieser Abgrenzung die sog. Reinigungshiebe, die Durchforstungen, die Aufästungen, die Auszugshauungen, den Unterbau und den Lichtungsbetrieb.

Erstes Kapitel.

Die Reinigungshiebe. (Ausläuterungen.)

§ 53. Unter denselben ist die Entnahme solcher Holzgewächse zu verstehen, welchen bei der Bestandesbildung die Mitwirkung versagt sein soll. Es sind dies einmal die Individuen derjenigen Holzarten, deren Anzucht überhaupt nicht beabsichtigt ist, sodann von den das Objekt der waldbaulichen Tätigkeit bildenden Holzarten diejenigen Exemplare, welchen schon bei oder bald nach der Bestandesbegründung die Fähigkeit abgesprochen werden muss, tüchtige Bestandesglieder zu werden. Hierher gehört:

I. Der Aushieb von Vorwüchsen[158]) (Wölfe), als welche Individuen der

157) Auf den Waldfeldbauflächen des Württembergischen Forsts Ochsenhausen wird zur Fichten-Einsaat ein so bedeutendes Samenquantum, bis 25, ja 40 kg pro ha verwendet, dass die auf dem schon vorher durch landwirtschaftliche Benutzung gelockerten Boden meist trefflich keimenden Pflanzen nicht alle Platz finden, sondern zum grossen Teil für anderweite Kulturen abgegeben werden. cfr. Der Waldfeldbaubetrieb im Forst Ochsenhausen. Allg. F. u. J.Z. v. 1884 S. 341.

158) Zu vergleichen: Trübswetter, „Bedeutung des Vorwuchses für die Begründung und Formbildung reiner und gemischter Bestände“; Tharander Jahrbuch 35. Bd. S. 131 ff. (1885). — Hartwig, „Wirtschaftliche Bedeutung des sog. Vorwuchses bei Begründung und Formbildung reiner und gemischter Waldbestände“; Forstw. Zentralbl. von 1882, Heft 2.

demnächst den Bestand bildenden Holzart bezeichnet werden, die sich schon, bevor die Fläche in Kultur gebracht wurde, auf derselben eingefunden hatten oder, wenn gleichzeitig mit den umgebenden Individuen entstanden, aus irgend einem Grunde eine die Nachbarn schädigende besonders rasche Entwickelung zeigen. Letzteres ist z. B. nicht selten der Fall bei Stockausschlägen, welche sich oft ungebührlich vordrängen. Es kann dann die Frage entstehen, ob man dieselben sämtlich entfernen oder sie in beschränktem Umfang durch Belassen einzelner Loden zur Bestandesbildung beiziehen will. Frühzeitig vorgenommener Abhieb von Stockloden hat bei den meisten Holzarten, wie Eiche, Ahorn u. s. w. die Neubildung von solchen und damit oft neues Bedrängen der umstehenden Pflanzen zur Folge; es ist, falls gänzliches Entfernen beabsichtigt wird, oft zweckmässig, wenn man, gewissermassen um die Stöcke lahm zu legen, zunächst auf jedem Stock eine oder wenige Loden stehen lässt, welche in der nächsten Zeit so sehr alle Kraft für sich in Anspruch nehmen, dass die ringsum neu entstehenden Ausschläge verkümmern. Dann werden die stehengelassenen Einzelloden, welche inzwischen in ihrer isolierten Stellung nicht geschadet, sondern im Gegenteil häufig vielleicht noch einen ganz wohltätigen Schutzbestand gebildet hatten, nachträglich weggenommen. Inzwischen sind die umgebenden Holzpflanzen so weit herangewachsen, dass ihnen neu erscheinende Stockausschläge nicht mehr bedenklich werden.

In den meisten Fällen handelt es sich um solche Vorwüchse, welche sich vor der Vornahme der eigentlichen Verjüngung eingestellt haben, wie sie namentlich im Femelschlagbetrieb von Mastjahren herrühren, deren Ergebnis mit Rücksicht auf die Beschaffenheit des Altholzes, auf Hiebsfolge, Etatserfüllung u. s. w., also in der Hauptsache aus Gründen der Forsteinrichtung, zur vollständigen Bestandesverjüngung noch nicht verwendet werden konnte. Derartige Vorwüchse bedürfen je nach ihrer Beschaffenheit einer verschiedenen Behandlung. Eine normale Entwickelung zeigen sie meist nur auf lichteren Stellen des Bestandes und auch da nur, wenn sie in Gruppen oder Horsten auftreten; einzeln vorkommende Exemplare dehnen sich meist in Aesten und Wurzeln zu sehr seitlich aus, werden buschartig und sind nicht befähigt, sich zu guten Nutzstämmen zu entwickeln. Der unter dem Schatten eines noch dichten Kronenschirmes in Mastjahren entstehende Vorwuchs vergeht, insbesondere bei Buche und Fichte, oft nach einigen Jahren wieder vollständig. Anders bei der Tanne, deren Jungwüchse so zäh sind, dass sie sich, wenn auch kümmerlich und ohne irgend welchen nennenswerten Zuwachs, doch lebend erhalten und sich dann, wenn durch Vorbereitungshiebe u. s. w. die normale Verjüngung des Bestandes eingeleitet wird, da und dort, je nach dem verschiedenen Masse der Lichtzufuhr und der ihnen innewohnenden Kraft, einzeln oder in Gruppen und Horsten vordrängen.

Die Entscheidung darüber, ob solche Vorwüchse zu erhalten sind oder nicht, ist unter zwei Gesichtspunkten zu treffen. Zunächst nämlich und vor allem ist der Vorwuchs selbst auf seine Entwickelungsfähigkeit zu begutachten, sodann aber ist die Frage zu erwägen, was mit den zwischen den Vorwüchsen vorfindlichen Lücken geschehen soll, d. h. ob sich die auf diesen (durch Samenabfall auf natürlichem Wege oder durch künstliche Kultur) entstehenden Jungwüchse zwischen den Vorwüchsen freudig hinaufzuarbeiten vermögen werden oder nicht. Die sich im Walde darbietenden Fälle sind äusserst mannigfaltig; bald ist ein grösserer, bald ein kleinerer Teil der Fläche mit Vorwuchs überdeckt; bald hat letzterer einen bedeutenden, bald nur einen geringen Vorsprung; bald sollen die Lücken mit der gleichen, bald mit einer (vielleicht rascher wüchsigen) Mischholzart ausgefüllt werden. Kranker, vollständig verbutteter Vorwuchs ist, einzeln oder in Horsten, jedenfalls zu entfernen; ebenso wird man einzelne vorwüchsige Exemplare, auch wenn sie an sich gut sind, häufig wegnehmen, sofern deren

fortdauernde Pflege (durch Aufastung etc.) ausgeschlossen erscheint, und deshalb Bedrängung der Nachbarpflanzen zu erwarten steht. Im übrigen aber soll man keineswegs radikal gegen jeden Vorwuchs vorgehen und der Vorliebe für gleichförmige, gleichalterige Bestände zu weitgehende Opfer bringen. Die Weisstannenwirtschaft benutzt die Vorwüchse fast überall schon lange. Dabei ist zu unterscheiden dasjenige Vorgehen, in welchem man den Vorwuchs, wie im Femelbetrieb, als den eigentlichen Träger der Verjüngung betrachtet (so dass die Bezeichnung „Vorwuchs" dann nicht mehr passt) und wo dann von vornherein eine systematische Pflege dieser jungen Anwüchse stattfindet, von derjenigen Wirtschaft (Schirmschlagbetrieb), in welcher sich dieselben als eigentliche Vorwüchse charakterisieren und nur einen accessorischen Bestandteil bilden. Hier kann man den lebenskräftigen Vorwuchs ziemlich allgemein benutzen, wenn er nicht über manneshoch ist, weil dann die Hoffnung besteht, dass die auf den freien Plätzen dazwischen sich ansiedelnden Pflanzen in genügender Weise nachwachsen werden; höhere Partien können dann stehen bleiben, wenn sie als grössere Horste erscheinen, welche in sich geschlossene Beständchen darstellen und als solche im Vergleich zu ihrer Fläche nicht zu viel Randlinie haben. Eine Egalisierung tritt bei unregelmässigen Figuren ein; überhaupt erfordert der Schutz des zwischen hinein entstehenden Jungwuchses gegen Bedrängung durch die Vorwüchse andauernd sorgsame Beachtung. Soll kein reiner Tannenbestand, sondern etwa ein Mischwuchs aus Tanne und Fichte [159]) nachgezogen werden, so hat man beste Gelegenheit, zwischen den Tannenvorwüchsen die Fichte zur Pflanzung einzubringen.

Besondere Vorsicht erfordert das Aushauen der Vorwüchse dann, wenn es nicht in frühester Jugend, sondern bei schon etwas vorgeschrittener Entwickelung des Bestandes (Gertenholzalter) erfolgen muss. Dann hat man einerseits zu sorgen, dass dadurch keine Lücken entstehen, andererseits dafür, dass nicht in der Folge die ringsum erwachsenen schlanken Stämmchen, ihrer Stütze beraubt, sich umlegen. Wäre dies, wie insbesondere in Laubholzhegen nicht selten, zu befürchten, so müsste man sich zunächst auf blosses Köpfen der Vorwüchse in entsprechender Höhe beschränken.

Oberster Grundsatz bleibt immer, dass die Vorwüchse nur insoweit beizubehalten sind, als sie einen wirklich brauchbaren, weil allen Anforderungen bezüglich normaler Entwickelung genügenden Bestandesteil zu liefern versprechen und nicht durch später nötig werdende erweiterte Bestandespflege (Randverdämmung), sowie event. durch Vermehrung der Frostgefahr (geringerer Luftzug) die Vorteile paralysieren, welche sie durch höheres Alter, durch ihren Zuwachs, sowie durch die Ersparung an Kulturkosten gewähren können. Sorgfältige Erwägung des einzelnen Falles ist geboten.

Die Entfernung der Vorwüchse kann je nach Umständen mittelst der Säge, der Axt und des Beils, der Heppe und der Durchforstungsschere vorgenommen werden. In letzterem Falle ist nur eine solche mit konvexer Schneide vollkommen leistungsfähig.

§ 54. II. Ausjätungen (Ausläuterungen), d. i. die Entnahme von Exemplaren anderer als der das Wirtschaftsobjekt bildenden Holzarten, sowie auch von Exemplaren der letzteren bei übermässig dichtem Stand derselben im jugendlichen Alter [160]).

Im ersteren Falle hat man es mit spontanem Auftreten zu tun, und zwar sind es meist raschwüchsige Laubhölzer (Baum- und Straucharten), welche sich in die jungen

---

159) Wie z. B. vielfach im wüttemb. Schwarzwalde; cfr. u. a. auch Pahl, „Wirtschaftliche Bedeutung und Behandlung des Vorwuchses". Allg. F. u. J.Z. v. 1887, S. 37 und S. 236.

160) cfr. u. a. Rebmann, „Bedeutung und Ausführung der Reinigungshiebe". Allg. F. u. J.Z. von 1881 S. 401 ff.

Hegen eindrängen und durch Verdämmen der Hauptholzarten nachteilig werden, indem sie vermöge ihrer oft ungemein kräftigen Entwickelung den Boden und den oberirdischen Wachsraum ungebührlich in Anspruch nehmen. Von Nadelhölzern tritt fast nur die gemeine Kiefer ab und zu in der angedeuteten Weise auf: Anflug von Mutterbäumen, der dann gelegentlich durch seinen sperrigen Wuchs unbequem wird, übrigens, weil demselben die Reproduktionskraft fehlt, durch Aushieb leicht bemeistert werden kann. Auch Laubsträucher, wie Lonicera, Prunus spinosa, Crataegus, Rhamnus, Cornus, Viburnum u. a. m., sind nicht für längere Dauer bedenklich; sie können zwar einer jungen Kultur, wenn man sie nicht rechtzeitig weghaut, bei reichlichem Vorkommen übel mitspielen, werden aber doch in einigen Jahren von dem jungen Holzbestande so vollständig überwachsen, dass ihre Stockausschläge sich nicht mehr hindurchzuarbeiten vermögen und von da ab, sofern sie sich überhaupt noch lebend erhalten können, die Rolle eines unschädlichen Bodenholzes spielen.

Von diesen Strauchhölzern sind die sog. weichen Laubhölzer zu unterscheiden, welche sich baumartig entwickeln, wie z. B. die Salweide, oder wie Birke[161]) und Aspe eigentliche Baumholzarten sind und sich — durch Samenabflug sowie durch Stockausschlag — nicht nur leicht einfinden, sondern sich, da sie meist geringe Bodenansprüche machen, zumal auch auf schlechteren Standorten, durch relativ bedeutendes Höhenwachstum auszeichnen. Man hat es in der Hand, auch diese Holzarten durch energischen Aushieb zurückzudrängen. Oft muss man in kurzer Zeit die Massregel mehrmals wiederholen, um Herr zu werden. Aber auch hier ist radikales Vorgehen gegen dieselben keineswegs immer als Regel zu empfehlen; es ist vielmehr vorab ein wesentlicher Unterschied, ob sich dieselben in Laubholz- oder in Nadelholzhegen finden; in letzterem sind sie im allgemeinen bedenkliche Gäste. Besonders reichlich stellen sie sich begreiflich in Nadelholzkulturen dann ein, wenn eine Umwandlung aus Mittelwald durchgeführt wird, wo also, weil eine voraufgehende Rodung längst nicht überall vorgenommen werden kann, das Material für Lieferung von Stock- und Wurzelausschlägen im Boden in Menge vorhanden ist. Unter diesen Umständen konkurrieren dann mit den oben genannten Holzarten die Ausschläge von Eichen, Ahorn u. s. w. Sobald die Kultur zum Schluss gekommen ist, darf die Gefahr meist als beseitigt angesehen werden. Laubhölzer, die mit dem Nadelholz gleichzeitig in die Höhe gehen, schaden dem letzteren, abgesehen davon, dass sie ihm den Platz versperren, besonders durch Abpeitschen der Knospen an den Trieben; vorwachsende Laubhölzer, wie es die vor dem ersten, bezw. zwischen diesem und dem zweiten Reinigungshieb entstandenen Stockausschläge und Kernwüchse meistens sind, schaden überdies durch Beschattung, sobald sie dem Nadelholz zu reichlich beigesellt sind. Immerhin gewähren dieselben da und dort einen wohltätigen Schutz gegen Frost, und es gibt auch dem Nadelholz gegenüber einen Ausnahmefall, in welchem das sonst meist gebotene Vorgehen gegen derart beigemischte Laubhölzer nicht oder wenigstens nicht immer angezeigt ist, nämlich dann nicht, wenn es sich um vorwachsende Birken in Hegen von Fichten oder Tannen handelt. Ist die Birke den genannten Holzarten so weit vorwüchsig oder wird regelmässig so weit ausgeastet, dass sie deren Gipfel mit ihren Zweigen nicht mehr befegen kann, so gewährt gerade sie einerseits dem Nadelholz einen in vielen Lagen überaus dankenswerten Schutz gegen Frost und liefert anderseits eine unter Umständen (wenn auch meist nur in beschränktem Umfange, nicht unbeträchtliche Vornutzung in Gestalt von Besenreisig[162]); von der Entwickelung des Nadelholzes hängt es ab, in

161) Die Birke pflegt, obwohl nicht Weichholz, ihres in diesem Punkte gleichartigen waldbaulichen Verhaltens wegen einbezogen zu werden.

162) Nach Mitteilungen des kgl. Württembg. Revieramts Bebenhausen sind in den

welchem Zeitpunkte man später die Birke herauszuhauen hat; dieselbe ergibt dann gute Wagnerhölzer. Einzelne Exemplare lässt man wohl auch einwachsen, damit sie nach dem Abtrieb die Fläche mit dem für die Neukultur als Schutzbestand meist erwünschten Anflug versorgen.

In Laubholzhegen ist die Beurteilung der ohne Zutun, bezw. vielleicht gegen den Willen des Wirtschafters auftretenden Weichhölzer nicht so generell gegeben. Hauptsächlich sind die Hegen der Rotbuche von Weichholz, sowie in dessen Gesellschaft von der Hainbuche meist mehr oder weniger reichlich durchsetzt. Soweit die Hainbuche durch massenhaftes Auftreten ihrer vordringlichen Jungwüchse die empfindlichere Rotbuche schädigt, liegt meist ein Verschulden der Wirtschaft vor, indem man nicht rechtzeitig im Vorbereitungsschlag oder schon vorher bei den letzten Durchforstungen für Aushieb der überzähligen Hainbuchen gesorgt hat; einige stehenbleibende Exemplare derselben genügen, um die immerhin erwünschte mässige Beimischung dieser Holzart zu sichern. Die Weichhölzer fliegen — abgesehen von ihren raschwüchsigen Stockausschlägen — meist auch noch von weiter her in den Hegen an; es kommt darauf an, ob sie die Hauptholzart wirklich zu verdämmen drohen, was namentlich, wenn sie in grösseren Gruppen und Horsten auftreten, nicht selten zu fürchten ist, oder ob sie mehr nur vereinzelt auftreten. Da sie lichtkronige Hölzer sind, so ist in letzterem Falle ihre beschattende Wirkung meist nicht sehr von Belang, und, da sie überdies zum Teil sehr gut nutzbare Holzarten sind, so soll man ihnen einen bescheidenen Platz wohl gönnen, so lange und in solchem Umfang, als dieselben auf dem Holzmarkte durch ihren Preis die ihnen gewährte Nachsicht lohnen. Auch können sie wohl einige Bedeutung als Wildfutter haben. Schlimmsten Falles kann man ja bei Gelegenheit der Durchforstungen noch einschreiten. Die Birken liefern bei der ersten Ausläuterung Bindewieden für den Holzhauereibetrieb, sowie im Sommer für die Fruchternte.

Die ebenfalls zu den Ausläuterungen gehörende Verdünnung zu dichter Jungwüchse, sowohl im Nadelholz, als auch im Laubholz, erfolgt durch Ausschneiden der Einzelindividuen, oder durch gassenartige Durchhiebe, letzteres besonders in dichten Nadelholzsaaten nach v. Holleben in Rudolstadt. An den Rändern dieser Gassen entwickeln sich einzelne stärkere Stämmchen kräftig und übernehmen die Führung. Von den Durchforstungen unterscheiden sich diese Aushiebe ihrem Wesen nach dadurch, dass sie ein geringwertiges Material und daher meistens keinen Reinertrag liefern, vielmehr Zuschüsse erfordern.

Zweites Kapitel.

Die Durchforstungen[163]).

§ 55. I. Begriff derselben: Man versteht darunter die, sowohl zu Er-

---

Staatswaldungen desselben auf einer Gesamtfläche der 1—40jährigen Nadelholzorte von etwa 450 ha (bei sehr ungleichmässiger Verteilung der eingesprengten Birken) in den Jahren 1881—1885 im ganzen an Birkenreisig geerntet worden: a) Besenreisig 3874 Wellen = 77,5 fm, Erlös = 1596,33 Mk., mithin pro 1 fm = 20,6 Mk.; b) Brennholz-Wellen (die dickeren, zu Besen nicht tauglichen Reiser) 5045 Stück = 100,9 fm = 790 Mk.; zusammen also durchschnittlich jährlicher Ertrag = 477 Mk.

163) Man vergleiche ausser den im Eingang unter Literatur genannten Waldbauschriften u. a.: Baur, Dr. Franz von: „Zur Geschichte der Durchforstungen", forstw. Zentralblatt von 1882, S. 21 ff. und S. 205 ff. — Ders., „Ueber Durchforstungen und Durchforstungsversuche" in Ganghofers „Versuchswesen" II. Bd. S. 209 ff. — v. Fischbach, „Zur Weiterentwickelung der Lehre von den Durchforstungen". Forstw. Zentralblatt v. 1884 S. 426 ff., v. 1885 S. 466 u. S. 553. — Ders., „Die wirtschaftl. Leistungen des Voll- und Abtriebsbestandes, sowie der verschiedenen Stammklassen". Zentralbl. f. d. ges.

ziehungs-, als auch zu Nutzungszwecken stattfindenden planmässigen Hauungen in allem, aus dem laufenden Umtrieb stammenden Material[164]) eines Bestandes, welche nach Vornahme der Läuterungen bis zur beginnenden Hiebsreife stattfinden, soweit sie keine bis zum förmlichen Lichtungshieb gesteigerten Eingriffe in die Bestandesmasse darstellen.

Die Durchforstungen werden sich besonders auf das Zurückbleibende, sowie das, für die vorteilhafte Entwickelung des Bestandes ungeeignete Material erstrecken, um auf diese Weise durch die freiere Stellung der verbleibenden Stämme deren Massen- und Wertsproduktion zu fördern und durch den Erlös aus dem anfallenden Material Erträge zu gewähren. Bei ihrer Ausführung wird man immer den Wiedereintritt des Schlusses bis zur Wiederholung voraussetzen, was bei den Lichtungshieben, die eine dauernde Schlussunterbrechung im Gefolge haben, nicht der Fall ist. Im Sinne der Forsteinrichtung hört, wo die Einteilung in 20jährige Perioden vorliegt, das Gebiet der Durchforstungen im allgemeinen bei den Waldorten der ersten, die ältesten Bestände umfassenden Periode auf. Eingriffe in die Bestände der ältesten Klassen, soweit sie nicht schon starke, mit der Verjüngung in Verbindung stehende Lichtungen darstellen, nennt man zweckmässig Durchhiebe und rechnet ihren Ertrag nicht mehr zur Zwischen-, sondern vielmehr zur Hauptnutzung. Ueberdies sollen nach den meisten bezüglichen Instruktionen auch solche Eingriffe in das Bestandesmaterial jüngerer Orte zur Hauptnutzung gerechnet werden, welche eine fühlbare Schmälerung des Haubarkeitsertrags nach sich ziehen, oder zu bedeutend sind, als dass infolge derselben die normale Weiterentwickelung eines Bestandes ohne Füllung der entstandenen Lücken durch Anbau erwartet werden könnte. Die planmässigen Hiebe der letztbezeichneten Art sollen als „Lichtungshiebe" besonders betrachtet werden[165]).

§ 56. II. Zweck: Die Durchforstungen ergeben sich als wirtschaftliche Massregel aus der Beobachtung der Bestandesentwickelung. Letztere ist durch die einfache Tatsache gekennzeichnet, dass im Haubarkeitsalter nur noch ein verhältnismässig kleiner Teil derjenigen Individuen vorhanden ist, welche ursprünglich den Jungbestand gebildet hatten; die einzelnen Bäume haben im Verlauf ihrer Entwickelung eine solche Ausbildung erlangt, dass auf gegebener Fläche nicht mehr als eine gewisse Anzahl derselben Platz findet, während sich diese Altholzstämme in den früheren Lebensperioden in der Gesellschaft einer mit zunehmendem Alter des Bestandes naturgemäss stets kleiner werdenden Menge von Genossen befunden hatten, die von vornherein von der Natur oder dem Wirtschafter meist als gleichberechtigt nebeneinandergestellt worden waren[166]).

Forstwesen, Juli 1885. — Borggreve, „Zur Plänterdurchforstung". Forstl. Blätter von 1887 S. 225 ff. — Landolt in d. schweiz. Zeitschr. 1885 S. 27. — Speidel, Waldbauliche Forschungen in württembergischen Fichtenbeständen mit Beiträgen zur Wirtschaftsgeschichte, Zuwachs- und Durchforstungslehre 1889. — Laschke, „Oekonomik des Durchforstungsbetriebes" 1901. — Ders., „Geschichtliche Entwickelung des Durchforstungsbetriebes" etc. 1902. — Kożeśnik, „Die Bestandespflege mittelst der Lichtung nach Stammzahltafeln" 1898. — Haug, „Beitrag zu der Durchforstungsfrage" A. F. u. J.Z. 1894—1897 (versch. Abhandlungen). — Ders., „Die Stammzahlfrage und ihre Bedeutung für die Bestandespflege" A. F. u. J.Z. 1899, S. 8. — Hausrath „Zur Geschichte der Durchforstungen" F. Zbl. 1896 S. 536. — Mayr, „Die Erziehungshiebe (Durchforstungen) der neuen Schule" A. F. u. J.Z. 1900 S. 153. — Schüpfer, „Die Entwickelung des Durchforstungsbetriebes in Theorie und Praxis seit der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts dargestellt unter besonderer Berücksichtigung der bayerischen Verhältnisse" 1903.

164) Die Fällung von aus dem vorigen Umtrieb überkommenen Stämmen soll als Auszugshieb besonders unterschieden werden. Vergl. viertes Kapitel dieses Abschnitts.

165) cfr. Lorey, „Durchforstung oder Lichtungshieb"? Allg. F. u. J.Z. von 1881 S. 406 ff.

166) Dieser Auffassung entspricht es freilich nicht mehr, wenn Oberforstrat Dr. von Fischbach (Zentralblatt f. d. ges. Forstwesen, Juli 1885) empfiehlt, schon im Jungbestande, womöglich schon bei Vornahme der Kultur, diejenigen Individuen zu bezeichnen, welche später den Haubarkeitsbestand zu bilden haben und diesen dann, damit sie ihr Ziel erreichen, eine besonders sorgfältige Pflege angedeihen zu lassen, alle übrigen

(Letzteres gilt keineswegs nur von der Saat oder Pflanzung, sondern auch von der natürlichen Verjüngung, durch welche ebenwohl ein Vorzug einzelnen Individuen a priori allgemein nicht eingeräumt worden ist.) Die Zahl der Individuen war bei der Bestandesbegründung im allgemeinen so bemessen worden, dass (früher oder später) Bestandesschluss bald eintrat. Mindestens von dem Augenblicke an, da die einzelnen Individuen bei ihrer Ausdehnung sich berühren, muss nun ein Kampf derselben um die Herrschaft beginnen, der, je nach Holzart, Bodenbeschaffenheit u. s. w. mit verschiedener Heftigkeit geführt wird und die bald mehr bald weniger deutlich zu Tage tretende Trennung in einen dominierenden und einen unterdrückten Bestandesteil zur Folge hat. Meist sehr bald werden bei diesem Prozess der natürlichen Ausscheidung zunächst einzelne Individuen entschieden vorwüchsig, ebenso wie andererseits auch sehr bald eine Minderzahl unzweifelhaft derart zurückbleibt, dass an ihr normales Emporwachsen ohne das Eintreten besonders begünstigender Umstände nicht mehr zu denken ist. Aber auch bei der vorerst sich noch zwischen diesen Extremen haltenden Hauptmasse zeigt sich doch sehr bald die Scheidung in mehrere Klassen, denen demnächst im Bestandesleben eine sehr verschiedene Rolle zufällt.

Die Ausscheidung vollzieht sich im allgemeinen früher, energischer und mit schärfer markierten Unterschieden auf guten Standorten; das gleiche gilt von Lichthölzern gegenüber schattenertragenden, bei welchen wenigstens die zurückbleibenden Stammklassen sich meist weniger deutlich in absolut leistungsunfähige umsetzen. Dass und wie die von vornherein gewählte Bestandesdichte hierbei von Einfluss ist, leuchtet ein.

Den schon ganz im Anfang alle Nachbarn überragenden Individuen gesellen sich aus der Zahl der übrigen so viele bei, als neben denselben genügenden Entwickelungsraum finden. Aber sie erringen sich ihren Platz stets nur durch Kampf mit den Stämmen ihrer Umgebung, die zunächst das gleiche Recht beanspruchen.

Welche Bäume vorwüchsig werden, lässt sich schwer vorausbestimmen. Es gibt in jeder Kultur stets einzelne Exemplare, die sich von vornherein durch besonders kräftigen Habitus auszeichnen, und die Annahme liegt nahe, dass sich diese unter sonst gleichen Umständen dauernd zu Führern im Bestand aufschwingen werden. Solche Individuen sind entweder von Haus aus besser veranlagt[167]), oder sie kommen — und dieses Moment ist

---

Pflanzen aber, welche zur Deckung des Bodens etc. von Anfang an notwendig sind, nur als Füllholz zu behandeln. Leitend ist bei diesem Vorschlag die Tatsache, dass im geschlossenen Bestand die stärkste Stammklasse andauernd (wie insbes. auch Wagener s. Z. nachgewiesen hat) weitaus am meisten produziert, dass man ferner an Kulturkosten sparen müsse und nicht minder an Zeit, indem man jene für das Abtriebsalter prädestinierten Individuen in allseits unbehinderter Entwickelung möglichst rasch einer den Anforderungen des Marktes entsprechenden Stärke und Höhe zuführt. Was starke Durchforstungen, Freihauungen, Lichtungshiebe etc. sonst erst von einem späteren Stadium der Bestandesentwickelung an erstreben, soll hier schon von der ersten Jugend an durchgeführt werden. — Der Gedanke ist jedenfalls beachtenswert. Der Durchführung stehen erhebliche Bedenken entgegen. Jedenfalls müsste angesichts der vielen Fährlichkeiten, mit denen der einzelne Baum zu kämpfen hat, von vornherein eine die Zahl der Stämme des Altholzes beträchtlich übersteigende Menge solcher Pfleglinge vorgesehen werden. — Bei unseren Kulturen mit Exoten verfahren wir seit Jahren vielfach in dieser Weise, um an dem teuren Pflanzmaterial zu sparen. — Vergl. übrigens die gegenteilige Ansicht von Frey im forstw. Zentralbl. von 1886 S. 242 ff.

167) Ich möchte trotz der gegenteiligen Ausführungen Borggreve's — cfr. u. a. dessen Holzzucht S. 171 ff. — zunächst an der Ansicht festhalten, dass doch eine den Existenzkampf der Individuen untereinander beeinflussende verschiedene Veranlagung angenommen werden darf, und dass die tatsächlich verschiedene Entwickelung der einzelnen Pflanzen nicht nur auf Rechnung der in verschiedenstem Masse günstigen oder ungünstigen äusseren Umstände (Feuchtigkeit, Lockerkeit des Bodens, Beschädigungen mannigfachster Art etc.), unter denen die Pflanzen wachsen, gesetzt werden darf. Selbst die allersorgfältigst, durchweg gleichmässig (z. B. mit Hilfe von Rasenasche u. dergl.) zubereiteten Saatbeete lassen alsbald

jedenfalls das weitaus wichtigere — unter günstigeren äusseren Umständen wie die übrigen zur Entwickelung. Aendern sich die Bedingungen ihres Daseins zu ihren Ungunsten, so kann ein Umsetzen stattfinden, d. h. sie können in die Klasse der zurückbleibenden Stämme verschoben werden, während umgekehrt andere voranstreben. Doch wird dies Ueberholtwerden seltener bei den schon in der ersten Jugend entschieden vorwachsenden als bei Exemplaren der demnächst nachschiebenden grossen Masse anfänglich noch dominierender Stämmchen eintreten. Auch lässt das Umsetzen schon gegen das Stangenholzalter hin, wenn es nicht durch die Wirtschaftsführung (Aushieb dominierender Exemplare usw.) begünstigt wird, bedeutend nach und findet, nachdem sich einmal ein kräftiger herrschender Bestand ausgeschieden hat, bezw. durch Hilfe der Axt zum Ausscheiden gebracht worden ist, überhaupt nur noch ganz ausnahmsweise statt [168]). Jedenfalls ist der Ausscheidungsprozess, so lange der Bestand in ungestörter Entwickelung sich selbst überlassen bleibt, ein ohne Sprünge stetig fortdauernder, bis schliesslich im höheren (das wirtschaftlich zulässige Mass meist überschreitenden) Alter nur noch so viele Stämme übrig sind, als, ohne sich wechselsweise zu beeinträchtigen, auf der Fläche Raum haben.

Der Vorgang ist ein durchaus naturgemässer, der sich in jedem Bestande, von dem die wirtschaftende Hand des Menschen fern bleibt, zwar in vielfach modifizierter Weise, im ganzen aber doch unter den gleichen charakteristischen Erscheinungen abspielt: hinter den zur Herrschaft gelangenden Stämmen bleiben die anderen mehr und mehr zurück, bis sie als völlig unterdrückte nur noch kümmerlich ihr Dasein fristen, um endlich ganz abzusterben; inzwischen ist unter den herrschenden Individuen der Kampf fortgesetzt worden; das Zurückdrängen bislang dominierender Stämme in die geringeren Stammklassen erreicht innerhalb der allgemein üblichen Umtriebszeiten ein Ende ohne Zutun der Wirtschaft überhaupt nicht. Die jeweils dominierenden, bezw. am Kronenschluss noch teilnehmenden Stämme bilden den Hauptbestand, die übrigen den Nebenbestand. Dass trotz dieses andauernden Kampfes massenreiche, hochwertige Bestände erwachsen, ist zweifellos. Ebenso unzweifelhaft ist es aber, dass — wie die Wirtschaft überhaupt sich mit der Leistung der Natur nicht begnügen kann, sondern sich deren Wirken dienstbar machen muss, indem sie dasselbe, soweit tunlich, in bestimmte Bahnen leitet — gerade jener Kampf um die Herrschaft im Leben des Bestandes für zielbewusstes Eingreifen des Wirtschafters eine der am meisten Erfolg versprechenden Gelegenheiten darbietet. Es gilt, dadurch, dass man den Streit der Stämme abkürzt, ihm womöglich vorbeugt, einen nutzlosen Kräfteverbrauch hintanzuhalten und eine bestimmte Qualität des Bestandes möglichst rasch zu erreichen. Dazu dienen vornehmlich die Durchforstungen, deren Zweck es also sein muss, fortgesetzt in angemessenen Zwischenräumen dem Bestand so viel Stämme zu entnehmen, dass den übrigen dadurch in möglichst kurzer Frist eine normale Ausbildung ermöglicht wird.

Die Wirtschaft hat diejenigen Stämme zu bestimmen, welche weiter wachsen sollen. Unter welchen Umständen letzteres geschehen soll, ob die gegenseitige Spannung zwischen den Nachbarstämmen zeitweise oder dauernd ganz aufgehoben oder nur verringert werden

---

an den erwachsenen Pflänzlingen oft recht merkliche Unterschiede hervortreten; warum sollten dieselben nicht wenigstens zum Teil auf das Samenkorn, bezw. die dem Individuum in verschiedenem Masse innewohnende Kraft zurückgeführt werden dürfen? Die Analogie im Tierreich liegt doch zu nahe. Dass dieser Grund nicht der wichtigste ist, dass er nicht bis ins höhere Alter fortwirkt, sofern jene Schwächlinge von Haus aus die zuerst unterliegenden sind, dass vielmehr, sobald der Bestandesschluss erfolgt ist und die ersten Ausscheidungen sich vollzogen haben, in der Hauptsache äussere Umstände die Verschiedenheit in der Entwickelung der Individuen bedingen, ist einleuchtend, wird auch kaum anders angesehen.

168) Wichtig für das Prinzip der Weiserverfahren bei Aufstellung von Ertragstafeln: es genügt vollständig, wenn etwa vom mittleren Bestandesalter an die höchsten und stärksten Stämme auch die vorwachsenden bleiben. Zu vergl. Bühler, Dr., Untersuchungen in einem Fichtenbestande etc. Allg. F. u. J.Z. 1886 S. 1 ff.

soll, bezüglich bis zu welchem Grade, welche Stammklassen dem Aushieb vorzugsweise zum Opfer fallen sollen, welche Modifikationen je nach den besonderen Umständen des einzelnen Falles angebracht erscheinen, alles dies sind Spezialfragen der Ausführung. Jedenfalls ist eine Durchforstung, welche sich — wie früher vielfach und hie und da auch jetzt noch — nur auf die Entfernung abgestorbenen oder völlig unterdrückten Holzes erstreckt, als eine die Entwickelung des Bestandes fördernde Massregel nicht anzusehen. Solches Material, das von den Nachbarn bereits vollständig überwachsen ist, kann diesen nicht mehr wesentlich schaden, wenn auch ab und zu ein solcher Stamm mit seiner Beastung noch die seitliche Ausbreitung eines nebenstehenden hindert. Hiernach sollte eine nur auf völlig unterdrücktes Holz gerichtete Durchforstung mindestens dann, wenn einem stärkeren Eingriff keine Bedenken bezüglich der Bodenpflege oder der Ausbildung der Stämme im stehenbleibenden Bestandesteil im Wege stehen, ein überwundener Standpunkt sein. Ein zu starker Aushieb kann unzweifelhaft die fernere Entwickelung des Bestandes schädigen; aber ein Gewinn für den Bestand kann durch die Durchforstung doch nur dann erzielt werden, wenn dieselbe als vorbeugende Massregel erscheint oder mindestens den zum Fortwachsen bestimmten Stämmen während ihres Ringens mit den Nachbarn tätige Hilfe bringt, nicht aber dann, wenn sie stets nachhinkt, indem sie nur die bereits Unterlegenen beseitigt[169]).

Dass die Durchforstungen infolge der Wurzelverwesung, wie besonders Fischbach mit Recht betont hat[170]), auch durch Bodenlockerung und Bodendüngung, durch Kohlensäurebildung und damit Förderung der Verwitterung von Bedeutung werden, soll als eine im Sinne der Bestandeserziehung günstige Wirkung hier nicht unerwähnt bleiben.

§ 57. Ist aber auch die Durchforstung in erster Linie als eine der Bestandeserziehung dienende Wirtschaftsoperation zu betrachten, so ist sie doch zugleich auch zu anderen Zwecken bestimmt, indem sie

a) eine oft sehr bedeutende Holznutzung gewährt und

b) die Bestände gegen eine Reihe von Gefahren sicher zu stellen sucht.

Zu a) Die Ergebnisse der Durchforstungen stellen Vornutzungen dar, deren rechnerische Behandlung (Bedeutung für die Rentabilität des Betriebs) in der Waldwertrechnung nachzuweisen ist. An dieser Stelle sei nur ganz im allgemeinen darauf hingedeutet, dass dieselben die Erträge in ihren Prolongationswerten steigern und den Produktionsfonds entlasten, und dass in diesem Einfluss jedenfalls unter Umständen ein vollwertiges Motiv zu gunsten stärkerer Vornahme derselben erblickt werden darf. Wie gross, absolut genommen, die in den Durchforstungen eingehenden Werte sind, lässt sich, ganz abgesehen von dem nach Standort, Holzart u. s. w. abweichenden Verhalten der Bestände, angesichts der bei ihrer wirtschaftlichen Behandlung herrschenden Verschiedenheit, sowie der unendlich wechselnden Absatzgelegenheiten auch nicht in Gestalt von durchschnittlichen Beträgen mit annähernder Sicherheit angeben. Im einzelnen finden sich zahlreiche Mitteilungen in unserer forstlichen Literatur[171]), welche

169) Von dieser Auffassung ausgehend konnte man bei den vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten eingeleiteten Durchforstungs-Versuchen die schwächste (A-)Durchforstung des Arbeitsplanes (Beseitigung nur der absterbenden und abgestorbenen Stämme) füglich ganz bei seite lassen, wie dies z. B. seitens der Württembergischen Versuchsstation tatsächlich fast überall geschehen ist.

170) Forstw. Zentralblatt von 1884 S. 426.

171) Siehe z. B. Vorertragstafeln von Danckelmann für Kiefern-, Fichten- und Rotbuchen-Hochwald (Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen 1887 S. 73 ff.). Daselbst sind angegeben als Durchschnitts-Massenertrag der sämtlichen Vornutzungen an Prozenten des Haubarkeitsertrags für Kiefer und Fichte ca. 40 mit geringer Schwankung in den verschiedenen Güteklassen, für Buche ca. 35. — Vergl. ferner Kunze, „Ueber den Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf den Wachstumsgang der Rotbuche“ (Tharander Jahrbuch 1884 S. 37 ff.). Daselbst werden die Ergebnisse eines 21 Jahre lang fortgesetzten Versuchs mitgeteilt. — Ferner: Die Zahlenangaben in Kraft's Buch u. s. w.

aber aus den angedeuteten Gründen nur mit Vorsicht von einem Fall auf einen anderen übertragen werden dürfen. Nicht einmal hinsichtlich der anfallenden Massen lassen sich allgemein brauchbare Angaben machen.

Um die Verschiedenheit im Werte des Durchforstungsmaterials an einzelnen Beispielen zu zeigen, braucht man nur an die auch für die geringsten Sortimente in grossen Städten gebotene Verkaufsgelegenheit gegenüber der oft absoluten Unverwendbarkeit derselben im Inneren grosser, wenig aufgeschlossener Waldungen oder an die Bedeutung des Handels mit Hopfenstangen in hopfenbautreibenden Gegenden zu erinnern im Gegensatze zu solchen Gebieten, denen diese Absatzquelle fehlt u. s. w.

Zu b) Zu den Gefahren, gegen welche die Durchforstungen einen Schutz gewähren, bezw. gewähren können, gehören u. a. Feuer, Insektenbeschädigungen, Wind, Schnee. Wie hoch im einzelnen dieser Vorteil zu veranschlagen ist, bleibt der Beurteilung des „Forstschutzes" überlassen. Dass aber überhaupt durch Entfernung abgestorbenen und unterdrückten Holzes die Feuersgefahr verringert, sowie manchen Insektenbeschädigungen vorgebeugt wird, liegt auf der Hand; nicht minder, dass durch fleissigen Aushieb der mit fruktifizierenden Hexenbesen behafteten Bäume in Tannenbeständen der Verbreitung der Krebsbildung entgegengewirkt wird. Auch soll eine fleissige Vornahme der Durchforstungen, sofern sie die einzelnen Stämme kräftigt, deren Widerstandsfähigkeit gegen Sturm und Schneedruck steigern[172]).

§ 58. III. **Grundsätze bei der Ausführung der Durchforstungen**: Für den Durchforstungsbetrieb sind drei Fragen zu beantworten, nämlich: 1. wann soll man mit den betreffenden Aushieben beginnen? 2. wie stark soll man sie greifen? und 3. wie oft soll man sie wiederholen? Die von Karl Heyer in dieser Hinsicht gegebene Regel lautet: früh, mässig und oft! Georg Ludwig Hartig war für stete Erhaltung des Schlusses, Cotta hingegen im Interesse der Zuwachsförderung für eine Unterbrechung desselben.

A. **Beginn der Durchforstungen**: Bei der Entscheidung über den richtigen Zeitpunkt desselben muss man, da die Durchforstungen in erster Linie wegen ihrer günstigen Einwirkung auf die Entwickelung des Hauptbestandes vorzunehmen sind, zunächst immer die für letzteren zu erwartenden Vorteile ins Auge fassen und darf nötigenfalls selbst eine Zubusse an Arbeitsaufwand nicht scheuen, wenn sich der Ausfall durch raschere Erstarkung des verbleibenden Bestandesteiles bezahlt macht. Ueberhaupt sollte man die Bilanz nicht jedesmal für die einzelnen Durchforstungen ziehen, sondern deren Erträge und Kosten für die ganze Lebensdauer des Bestandes zusammenrechnen und erst die Summen vergleichen[173]). Eine Vernachwertung der Er-

172) Bedeutende Schneebrüche des Winters 1885/86 und noch weit umfassendere des Winters 1886/87 (z. B. in den Waldungen — bes. ca. 25jährigen Nadelholzhegen — des Schönbuchs nördlich von Tübingen, worüber Allg. F. u. J.Z. 1887 S. 286 zu vergleichen) konnten freilich an der günstigen Wirkung der Durchforstungen in dieser Richtung Zweifel aufkommen lassen, da durchforstete und nicht durchforstete Orte in gleicher Weise verwüstet worden sind. Aber es waren meist kurz vorher durchhauene Bestände, welche neben den unberührten gelitten haben; wahrscheinlich, dass sich, wenn allgemein schon in früherem Alter in Absicht auf die Schneegefahr eine durchgreifende Reinigung vorgenommen worden wäre, die Beschädigungen weniger intensiv gezeigt hätten. Hinsichtlich der Schneebruchgefahr in ihren Beziehungen zur Durchforstung ist eine sehr beachtenswerte Studie von Professor Dr. Bühler erschienen (Forstwiss. Zentralblatt, Sept.-Oktbr. von 1886 S. 485 ff.), worin aus mechanischen Gründen hauptsächlich die Gefährlichkeit unsymmetrisch entwickelter Kronen (einseitige Belastung durch Schnee) betont wird, so dass sich eine dem Schneebruch entgegen wirken sollende Durchforstung vorzugsweise die Schaffung gleichmässig ausgebildeter Kronen zur Aufgabe machen müsste. Bühler sieht in der Durchforstung entschieden ein Mittel gegen Schneebruchschäden.

173) Man vergleiche Fischbach im forstw. Zentralbl. von 1885 S. 553.

träge mit Zinseszinsen müsste hierbei stattfinden und zu der Summe noch eine Hinzurechnung des Abtriebsertrages erfolgen. Unter sonst gleichen Umständen würde derjenige Durchforstungsbetrieb der beste sein, welcher zu einem Maximum der Gesamtleistung führt.

Es ist allerdings angenehm, wenn sich solche Wirtschaftsoperationen wie die Durchforstungen gewissermassen aus sich selbst heraus bezahlt machen, aber ein Hindernis für frühzeitigen Beginn dürfte im Kostenpunkt nur in beschränktem Masse gefunden werden. Dagegen kann der gänzliche Mangel an Absatz für das zu gewinnende schwache Material, sowie das Fehlen der nötigen Arbeitskräfte da und dort der Vornahme einer Durchforstung im Wege stehen, zumal auch schon die ersten Durchforstungen mit Sorgfalt ausgeführt werden müssen, sodass keineswegs jeder beliebige Holzhauer dabei verwendbar erscheint.

Berücksichtigt man die Gefahren, welchen gerade die dichtgeschlossenen Jungwüchse ganz besonders ausgesetzt sind (Feuer, Schneedruck), so muss man im allgemeinen einem möglichst frühzeitigen Anfang des Durchforstungsbetriebs das Wort reden. Einen absolut geeignetsten Zeitpunkt kann man aber dafür weder ganz allgemein angeben, noch auch nur für einzelne Holzarten oder Standortskategorien bestimmt bezeichnen; das entscheidende Wort hat das Aussehen des einzelnen Bestandes zu sprechen; modifiziert wird aber das in ihm liegende Gebot jederzeit durch die Möglichkeit der Ausführung, für welche die oben angedeuteten Gesichtspunkte (Arbeitskräfte, Absatz etc.) massgebend werden.

Tatsächlich wird, nach Beendigung der Reinigungshiebe, mit den Durchforstungen im grossen Betrieb auch bei Lichtholzarten kaum vor dem 15.—20. Lebensjahre begonnen, während bei Schattenhölzern, Buche, Fichte und insbesondere Tanne, oft bis ins 25., 30. Lebensjahr, ja noch länger zugewartet wird, obwohl es keinem Zweifel unterliegt, dass auch (und vielleicht in hervorragendem Masse) diese Holzarten für recht frühzeitiges Eingreifen sehr dankbar sind.

§ 59. B. Stärke des Eingriffs und Wiederholung desselben: Die Antworten auf die beiden bezüglichen Fragen sind insofern von einander abhängig, als es die häufigere Wiederkehr in den nämlichen Bestand gestattet, mit dem einzelnen Hieb weniger kräftig vorzugehen, ohne dass der mehrfach betonte Hauptzweck der Durchforstungen, die Vermeidung zu gedrängten Erwuchses, vereitelt wird. Ja, wenn man erwägt, dass zur normalen Ausbildung des Einzelbaumes immer nur ein gewisses Mass an Standraum erforderlich ist, während eine weitergehende Unterbrechung des Kronenschlusses je nach Umständen für den Boden bedenkliche Folgen haben kann, so muss man einräumen, dass es am rationellsten wäre, die Durchforstungen zwar recht oft, aber jedesmal nur in solchem Umfange vorzunehmen, wie es die vollkräftige Entwickelung des Hauptbestandes gerade erheischt. Jedesmal, wann wieder Kronenspannung eintritt, müsste von neuem eingegriffen werden.

Meist gestaltet sich die Praxis des Durchforstungsbetriebes so, dass man in Zwischenräumen von 5—10 Jahren, manchmal noch seltener in die Bestände wiederkehrt. Zeit- und Arbeitsaufwand, Uebersichtlichkeit der Wirtschaft, zeitweise Ruhe in den Beständen u. s. w. sind die Gründe gegen kürzere Perioden; man muss dann aber von einem Termin zum andern für die Zwischenzeit durch entsprechend stärkere Eingriffe vorbeugen.

Mit jener Regel bezüglich der Wiederholung und den dieselbe begründenden Erwägungen ist aber keineswegs auch schon die Frage nach der zweckmässigsten Stärke des einzelnen Aushiebs beantwortet. Da einerseits der jetzt erwachsende Bestand zu möglichster Vollkommenheit herausgearbeitet und andererseits die Bodenkraft nach dessen Reife ungeschmälert, womöglich erhöht an die nachfolgenden Umtriebszeiten überliefert werden soll, so muss stets die Kombination aus diesen beiden Aufgaben ins Auge gefasst werden, die sich übrigens in ihren Zielpunkten nicht grundsätzlich entgegenstehen, sofern sorgsame Schonung des Bodens auch dem jetzt lebenden Bestande

zu gute kommt. Wohl aber sind die Mittel, mit denen hinsichtlich der beiden Zwecke gearbeitet wird, verschieden; denn der Bodenschutz verlangt im allgemeinen (d. h. von den Fällen zu grosser Nässe oder auch wohl allzu mächtiger Streuschichten abgesehen) dichten Bestandesschluss, während sich die möglichst rasche Erstarkung der Bäume nur bei Gewährung entsprechenden Wachsraumes, also nach Aufhebung stärkerer Kronenspannung vollziehen kann. Fraglich ist, inwieweit auf gegebener Fläche die Zuwachsleistung einer geringeren Anzahl mehr räumlich stehender Bäume, deren jeder dann mit vermehrter Energie arbeitet, durch die Massen- und Wertsmehrung [174]) einer grösseren Anzahl gedrängter stehender, im einzelnen geringerer Stämme aufgewogen werden kann. Alle theoretische Erörterung kann sich nur um diese Frage drehen, da man sich für dasjenige Verfahren zu entscheiden hat, welches unter voller Berücksichtigung des Gesamtaufwandes — Bodenkraft, Arbeit, Zeit, Holzvorratskapital — die höchsten Werte erwirtschaftet. Hiernach also ist die Stärke des jeweiligen Eingriffes zu bemessen.

Der Wirtschaft im Walde ist mit diesen allgemeinen Erwägungen jedoch nicht gedient; dieselbe fordert greifbare Anhaltspunkte.

Um solche zu gewinnen, hat man mehrfach versucht, die verschiedenen in einem Bestande vorkommenden Stammklassen genau zu definieren. Derartige Klassifizierungen sind schon frühzeitig unternommen worden; so oft man für die Durchforstungen gewisse Regeln begründen wollte, musste man von einer bezüglichen Unterscheidung ausgehen. So spricht z. B. Cotta (Waldbau, 9. Aufl. S. 91) von abgestorbenen, absterbenden, unterdrückten, beherrschten und herrschenden Stämmen. — Die zur Klärung aller einschlagenden Verhältnisse von dem Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten beabsichtigten Durchforstungsversuche beruhen auf einem Arbeitsplane, welcher 1902 beschlossen wurde und in der Zeitschr. f. F. u. J.-Wesen 1892, Heft 11 abgedruckt ist. Derselbe führt folgende Klassen auf:

I. Herrschende Stämme, welche an dem oberen Kronenschirm teilnehmen und zwar 1. Stämme mit normaler Kronenentwickelung und guter Stammform 2. Stämme mit abnormer Kronenentwickelung oder schlechter Stammform a) eingeklemmte Stämme (kl), b) schlechtgeformte Vorwüchse (v), c) sonstige Stämme mit fehlerhafter Stammausformung, insbesondere Zwiesel (zw), d) sogenannte Peitscher (p), e) kranke Stämme (kr).

II. Beherrschte Stämme 3. zurückbleibende, 4. unterdrückte, 5. absterbende und abgestorbene.

Die Durchforstungen entfernen die Stammklassen 5—2 zum Teil oder ganz, Stämme der Kl. 1 nur ausnahmsweise, soweit dies zur Auflösung von Gruppen notwendig erscheint.

Nach Art und Grad der Durchforstungen werden unterschieden:

I. Niederdurchforstung. 1. Schwache Durchforstung (A-Grad) entfernt nur die abgestorbenen und absterbenden Stämme, sowie die niedergebogenen Stangen. 2. Mässige Durchforstung (B-Grad) entfernt die Klassen 5, 4 und einen Teil von 2. 3. Starke Durchforstung (C-Grad) entfernt alle Stämme mit Ausnahme der Klasse 1.

II. Hochdurchforstung. 1. Schwach (D-Grad) beschränkt sich auf den Aushieb der abgestorbenen und absterbenden, niedergebogenen, sowie der schlechtgeformten und kranken Stämme, der Zwiesel, Sperrwüchse, Peitscher, sowie derjenigen Stämme, die zur Auflösung von Gruppen gleichwertiger Stämme entfernt werden müssen (Kl. 5, ein grosser Teil von Kl. 2 und einzelne Stämme von Kl. 1). 2. Starke (E-Grad) erstrebt unmittelbar die Pflege einer verschieden bemessenen Anzahl von Zukunftsstämmen und entfernt neben der Klasse 5 und den kranken Stämmen alles, was die gute Kronenentwickelung der Zukunftsstämme behindert (Kl. 5 und Stämme der Kl. 1 und 2).

Eine andere Ausscheidung vollzog Kraft in seinen oben angeführten „Beiträgen zur Lehre von den Durchforstungen“, indem er nicht die Verschiedenheit des Höhenwuchses sondern die Qualität der Krone als das durchschlagende Kriterium ansah. Hiernach er-

---

174) Es wird unterstellt, dass der beim Verkauf erzielte Preis als der Wert der Ware und deren Gebrauchsfähigkeit (Qualität der erzogenen Hölzer) sich decken; wenigstens hat die Wirtschaft für die Beurteilung ihrer Massnahmen zunächst keinen anderen brauchbaren Massstab als den im Erlös beim Produktenverkauf erreichten tatsächlichen Geldertrag.

geben sich folgende Kategorien: 1. vorherrschende Stämme (mit ausnahmsweise kräftig entwickelten Kronen); 2. herrschende (in der Regel den Hauptbestand bildende St. mit verhältnismässig gut entwickelten Kronen); 3. gering mitherrschende St. (Krone zwar noch ziemlich normal geformt, aber verhältnismässig schwach entwickelt und eingeengt, oft mit schon beginnender Degeneration — untere Grenze des herrschenden Bestandes); 4. beherrschte Stämme (Krone mehr oder weniger verkümmert, entweder von allen Seiten oder nur von zwei Seiten zusammengedrückt oder einseitig entwickelt), hierunter a) zwischenständige, b) teilweise unterständige Kronen; 5. ganz unterständige Stämme. — Hienach kann bestimmt angegeben werden, welche der angeführten Klassen bei der Durchforstung der Nutzung anheimfallen sollen.

Nach allen bisherigen Auseinandersetzungen können nur in bezug auf diejenigen Stämme Zweifel bestehen, welche sich am Kronenschluss im Bestande noch aktiv beteiligen, indem sie über sich noch einen mehr oder minder grossen freien Luftraum haben oder sich wenigstens mit ihren Aesten noch in die oberen Partien der Nachbarkronen eindrängen, so dass letztere dadurch in ihrer seitlichen Ausbildung behindert sind. Was an Bäumen bereits vollständig unterdrückt ist, darf — unter Nichtbeachtung des geringen Nährstoffverbrauchs, welcher für den unbedeutenden Zuwachs erforderlich ist — als für die Bestandeserziehung gleichgültig betrachtet werden. Die Ansichten darüber, wie weit man den Kronenschirm lockern soll, gehen sehr auseinander. Wer für ganz schwaches Eingreifen eintritt und damit sich weigert, den Kronenschluss überhaupt irgendwie zu unterbrechen, kann sich nur auf möglichst weitgehende Sorge für den Bodenschutz, sowie für Ausbildung glattschaftiger, astreiner, schlanker Nutzholzstämme berufen. Die bei etwas räumlicherer Stellung der einzelnen Stämme heranwachsenden Bestände produzieren, ausweislich aller neueren Untersuchungen [175]), mehr Masse und zwar diese in Gestalt nicht bloss stärkerer, sondern auch höherer Exemplare, da der Längenwuchs durch die grössere Lichtstellung ebenfalls gefördert wird. Mithin bleibt als Argument für Unterlassung der letzteren zunächst nur die grössere Formzahl und bessere Qualität der Stämme hinsichtlich deren technischen Eigenschaften übrig. Im allgemeinen darf man hierin einen Ersatz für die bedeutenderen Dimensionen der in gleicher Zeit erwachsenen Stämme, bezw. für den Gewinn an Zeit bei Forderung gleicher Dimensionen nicht oder doch nur in beschränktem Masse erblicken

---

175) Weise (Zeitschr. f. F. u. J.W. 1889 S. 129, 327) „Studien über den Schluss der Bestände und seiner Einwirkung auf den Zuwachs“ spricht sich für guten Schluss der Bestände aus. Ders. (Mündener forstl. Hefte VI S. 5) „Die Durchforstungen im Licht neuer Veröffentlichungen“ ist im ganzen für mässige Durchforstungen. — Kunze (Tharander Jahrbuch 1894 S. 1, 1895 S. 1, 1902 S. 147) „Ueber den Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf den Wachstumsgang der Waldbestände“ weist an den sächsischen Probeflächen den günstigen Einfluss der starken Durchforstungen sowohl für Fichte, als auch besonders für Kiefer nach, wogegen der Einfluss einer mässigen Durchforstung gegenüber dem Unterlassen jeder Durchforstung nur sehr schwach ausgeprägt ist. — Schwappach (Zeitschr. f. F. u. J.W. 1897 S. 286) „Ueber den Einfluss verschiedener Durchforstungs- und Lichtungsgrade auf das Wachstum der Kiefernbestände“ spricht sich für mässige Grade der Durchforstungen aus. Ders. (Zeitschr. f. F. u. J.W. 1899 S. 259, 408) „Ueber den Einfluss verschiedener Durchforstungs- und Lichtungsgrade auf das Wachstum der Buchenbestände“ spricht für ursprünglich mässige, später jedoch stärkere Durchforstungen, besonders im Hauptbestand (Hochdurchforstungen). — Hefele (Forstw. Zentralbl. 1895 S. 121 und 241) „Untersuchungen über die Einwirkung verschiedener Durchforstungsgrade auf den Massen- und Wertszuwachs normaler Fichtenbestände“, Ders. (Forstw. Zentralbl. 1896 S. 127) „Ueber den Einfluss starker Durchforstungen in Fichten auf Zuwachs und Form“ zeigt nach den Untersuchungen der bayerischen forstl. Versuchsanstalt die Vorzüge der stärkeren Durchforstungsgrade von den schwächeren. — Borgmann, „Kronenfreiheit und Lichtungsbetrieb der Fichte“ etc. (Allg. F. u. J.Z. 1897, S. 225) weist für diese Holzart die Erfolge des Kronenfreihiebs und des Lichtungsbetriebes nach.

und muss sich überdies an das verschiedene Verhalten der Holzarten (Laub- und Nadelholz etc.) in dieser Beziehung erinnern [176]).

Vielfach hat man für verschiedene Alter des Bestandes verschiedene Durchforstungs-Normen aufgestellt. Man hat den Bestand dunkel gehalten bis zur Vollendung des Haupthöhenwachstums [177]), während man späterhin mit stärkeren Aushieben vorgegangen ist. Dann konnte der Bestand zunächst in jener ersten Periode seines Lebens Stämme herausbilden, welche bis zu einer gewissen Höhe über dem Boden astrein sind [178]) und später die erwünschten Dimensionen der Einzelstämme entwickeln. Unleugbar hat diese Auffassung eine gewisse Berechtigung; und doch wird sie hinfällig, sobald nachgewiesen wird, dass durch besondere Pflege, die man einer beschränkten Anzahl dominierender Stämme schon in jüngeren Jahren durch Gewährung grösseren Wachsraumes angedeihen lässt, insgesamt mehr geleistet, d. h. eine rentablere Wirtschaft geführt wird. Dafür, dass dies der Fall sei, ist eine grössere Anzahl von Stimmen laut geworden, welche, wie insbesondere Wagener und Riniker, betonen, dass an der Gesamtzuwachsleistung eines Bestandes der weitaus grösste Anteil der dominierenden Stammklasse dauernd zufalle, und dass hiernach ein Grund zur Berücksichtigung auch der zurückbleibenden Individuen nicht vorliege: letztere nutzen am meisten, wenn sie den dominierenden möglichst bald allen Platz überlassen und dabei tunlichst rasch einen Ertrag in die Kasse des Waldbesitzers liefern, es sei denn, dass sie als Füllholz nicht entbehrt werden können, falls die Zahl der dominierenden Stämme für sich allein den Boden nicht mehr genügend deckt.

Wägt man alles für und wider sorgfältig ab, so kommt man zu dem Schluss, dass überall ein kräftiges Eingreifen, also die starke Durchforstung, welche eine zeitweise Unterbrechung des Kronenschlusses nicht scheut, die Regel zu bilden hat, wenn für die Pflege des Abtriebsbestandes und dessen Entwickelung wirklich etwas geleistet werden soll, während die mässige (sich auf die unterdrückten Stämme beschränkend) oder gar die schwache (nur die abgestorbenen und absterbenden begreifend) als Ausnahmen zu betrachten sind, für deren Berechtigung im einzelnen Falle bestimmter Nachweis verlangt werden muss. Dies gilt, wenn nicht schon für die allerersten Durchforstungen, so mindestens vom angehenden Stangenholzalter ab. Abweichungen bleiben vorbehalten, und es wird niemand darüber zweifelhaft sein, dass solche gerade in jüngeren Beständen häufig geboten sind. Wie weit übrigens die einzelne Durchforstung mit der Lockerung im Kronendach gehen soll, ist, wie schon oben angedeutet wurde, wesentlich von der Häufigkeit der Wiederholung abhängig. Die Durchforstung soll nicht den Charakter eines Lichtungshiebes annehmen; aber es

---

176) Nicht zu übersehen ist u. a., dass Robert Hartig (cfr. dessen „Holz der deutschen Nadelwaldbäume", 1885) gezeigt hat, dass auch bei den Nadelhölzern breite Jahresringe keineswegs notwendig eine geringere Holzqualität bedingen, sondern dass sich die Zunahme der Ernährung eines Baumes allgemein auch in Verbesserung der Qualität äussert. Durchforstungen bewirken, sofern die Massenproduktion steigt, alsbald auch eine Hebung der Qualität.

177) Der laufend jährliche Höhenzuwachs kulminiert nach den neueren Ertragstafeln für die Fichte durchschnittlich mit 40—50, die Buche mit 30—35, Kiefer 15—20, Tanne 50—70 Jahren, der durchschnittliche Höhenzuwachs bezüglich im Alter von 60—80, 40—50, 30 und 70—100 Jahren.

178) Die einzelnen Holzarten verhalten sich in dieser Hinsicht sehr verschieden. Die unteren Zweige sollen absterben, bevor sie zu stark geworden sind, um demnächst noch abgestossen zu werden; sie sollen keine Hornäste im Holz zurücklassen. Bei Lichthölzern erfolgt das Absterben naturgemäss rascher; Laubhölzer stossen die starken Aeste meist leichter und vollständiger ab als Nadelhölzer, unter welchen namentlich die Fichte sich nur bei dichtem Schluss entsprechend schnell und vollständig reinigt.

ist zu beachten, dass ein solcher noch lange nicht vorliegt, wenn vorübergehend die Sonne da und dort im Bestande zum Boden dringen kann, während nach wenigen Jahren schon wieder volle Kronenspannung zu erwarten steht[179]). Mehr als zwei Zehntel der Bestandesmasse wird man, Kronenschluss ohne Ueberfüllung, d. h. ohne merkliche gegenseitige Beengung, vorausgesetzt, auch bei der starken Durchforstung kaum auf einmal entfernen, hiermit aber auch meist schon einen Zustand erzielen, bei dem sich der bleibende Bestandesteil einer normalen Entwickelung erfreut. Das richtige Mass würde erreicht sein, wenn bis zur nächsten Durchforstung jene mässige Spannung, bei welcher die Bäume mit möglichst allseits gut gebildeten Kronen sich berühren oder doch höchstens mit den Astspitzen ineinandergreifen, wieder hergestellt wäre. Jedem weitergehenden gegenseitigen Beengen sollte sofort durch eine neue Durchforstung abgeholfen werden.

Anstatt den Aushieb nach Stammklassen zu regeln, ist mehrfach vorgeschlagen worden, eine Festsetzung der zu beseitigenden Individuen nach der Stammzahl für 1 ha, unter Berücksichtigung der Brusthöhendurchmesser vorzunehmen, so von Haug und Kožešnik (Literatur in Anm. 163). Hiermit in Einklang steht der schon vor langer Zeit von Oberforstrat König in seiner Forstmathematik gemachte Vorschlag einer Regelung des Aushiebs nach der Abstandszahl $\left(a = \frac{s}{d}\right)$ d. h. dem Verhältnis der Standraumseite zum Durchmesser. Geht man von der Stammzahl für 1 ha aus, so ergibt sich auch hier ein gewisser Standraum des Einzelstammes und somit die Standseite. Zur Bemessung des richtigen Abstandes im Verhältnis zum Durchmesser ist aber die Kenntnis der zu erstrebenden normalen Stammgrundfläche für die Flächeneinheit (ha) eine notwendige Voraussetzung! Darüber fehlen noch positive Zahlen. Schon König sprach es aus, dass man über dem Durchforsten selbst am besten beurteilen könne, was abkömmlich sei.

Verschiedenheiten der Ausführung ergeben sich im einzelnen in Menge. Namentlich ist für die erste Durchforstung im Jungbestande die Art der Bestandesbegründung bezw. die ursprüngliche Bestandesdichte massgebend und zwar nicht nur direkt wegen des dadurch bedingten stärkeren oder minder starken Drängens und Ringens der einzelnen Stämmchen nebeneinander, sondern hauptsächlich mittelbar wegen der Beschaffenheit derselben. Man muss nicht selten eine erste Durchforstung schwächer greifen, weil die einzelnen Stämmchen so schlank erwachsen sind, dass jeder plötzliche stärkere Eingriff ein Umlegen derselben zur Folge haben würde. Ebenso ist, wenn nicht freierer Stand von der ersten Jugend an widerstandsfähigere Bestände erzeugt hat, die Schneedruckgefahr in dem kritischen Gertenholzalter sehr zu beachten, wenn auch gerade ein dichter Kronenschirm die Schneeauflagerung erleichtert. Es ist ein Unterschied, ob man an steilen südlichen Hängen oder auf mässig geneigten, frischen Nordhängen operiert. Im allgemeinen wird man in schlechteren Lagen vorsichtiger zu Werk gehen müssen, hauptsächlich um die Bodenkraft zu bewahren; man darf aber dabei auch nicht übersehen, dass gerade schlechtere Bestände auf Standorten mit geringer Bodentätigkeit oft für die ihnen durch wirtschaftlichen Eingriff gewährte Beihilfe besonders dankbar sind. Ebenso wird man zum Schutz gegen das Eintreten des Windes in die Bestände (Windmäntel!) die Bestandesränder oft weniger stark angreifen, als das Bestandesinnere[180]). Selbst unterdrückte Stämme sind dann zu

179) Als Verfasser gelegentlich der 1881er Versammlung des württembergischen Forstvereins eine der von ihm für Zwecke der forstlichen Versuchsstation angelegten D-Flächen (Revier Weingarten bei Ravensburg, Distrikt Postwies) vorzeigte, auf welcher in der Absicht, grössere Gleichmässigkeit des Bestandes zu erzielen, neben unterdrücktem Material auch einzelne dominierende Stämme gefällt worden waren, musste sich der ausgeführte Hieb von manchen Seiten die Bezeichnung als Lichtungshieb gefallen lassen. Wer die Fläche bei der späteren Aufnahme (1886) wieder gesehen hat, wird nicht zweifelhaft gewesen sein, dass er es mit einem Lichtungshieb keineswegs zu tun hatte.

180) Andererseits kann stärkere Durchhauung des Bestandesrandes bei solchen Be-

schonen, wenn ihr Aushieb Lücken im Bestande verursachen würde, welche als Windfänge oder durch Bodenaushagerung bedenklich werden könnten. Alles in allem braucht man in vorgeschritteneren Bestandesalter weniger ängstlich zu sein. Dadurch, dass eine zu schwache Durchforstung die Entwickelung des Hauptbestandes ungebührlich zurückhält, wird meist viel grösserer Schaden angerichtet, als durch die wenigen Fälle, in welchen vielleicht durch einen zu starken Eingriff in irgend welcher Richtung einmal ein Nachteil erfolgt.

Einen besonders starken Grad der Durchforstung erheischen Weisstannenbestände, in denen Krebstannen vorkommen, deren Aushieb als Mittel gegen die Verbreitung der Krebskrankheit anzusehen ist[181]). Hier sind schon vom jugendlichen Alter ab die mit Krebs behafteten Stämme aufzusuchen und zu entfernen. Ein solches Vorgehen bietet zu keinen Bedenken Anlass. Im Jungbestand, in welchem der Kampf gegen das Uebel zu beginnen hat, sind die entstehenden Lücken an sich nicht bedeutend und werden durch einwachsende Individuen bald ausgefüllt; in älteren Beständen wird durch den Aushieb der Krebstannen, wenn dadurch Lücken entstehen, die Verjüngung eingeleitet, bezw. da, wo man eine femelschlagartige Bewirtschaftung der Weisstanne erstrebt, diese in der einfachsten Weise begonnen. Der Aushieb herrschender Stämme aus älteren Beständen würde als Hauptnutzung anzusehen sein.

In gemischten Beständen[182]) handelt es sich immer um die Begünstigung der wertvollen Holzart von der minder wertvollen, durch Gewähr einer freien, die Entwickelung begünstigenden Stellung behufs Steigerung des Zuwachses und der Nutzholzausformung. So z. B. wird dem Freihieb der Eiche im Buchenbestande besondere Aufmerksamkeit zu schenken sein, ebenso demjenigen von Esche, Ulme, Ahorn, Linde, Tanne, Lärche, sofern sie Anwartschaft auf Erlangung von Nutzholzqualität haben.

In jüngeren Wüchsen ist öfters, wenn schlank aufgeschossene Exemplare zu schützen sind, die sich noch nicht zu tragen vermögen, kein vollständiges Aushauen, sondern nur das Einstützen der bedrängenden Stämme angezeigt.

§ 60. C. Besondere Arten der Durchforstung: Der Durchforstungsbetrieb steht in engem Zusammenhang mit der Art des Wirtschaftsbetriebs überhaupt. Ein, allen Rücksichten im einzelnen gerecht werdender intensiver Durchforstungsbetrieb ist am leichtesten möglich in nicht zu ausgedehnten Revieren, deren Verwalter die Befolgung ihrer Intentionen überall und jederzeit gehörig überwachen können, in denen es auch weder an Absatz noch an Arbeitskräften fehlt. Die „ökonomischen" Verhältnisse eines Gebietes sind meist bestimmend für die Technik des Durchforstungsbetriebes. Dieses Moment betont Laschke in seiner Schrift „Oekonomik des Durchforstungsbetriebes" 1901. Die verschiedenen Durchforstungsarten sind, je nach den wirtschaftlichen Zuständen der in Betracht kommenden Gegenden, berechtigt. Mancherlei Vorschläge zu Reformen im Durchforstungsbetrieb sind gemacht worden. Einige derselben seien speziell hervorgehoben:

1. Heck hat das Prinzip der „freien Durchforstung" aufgestellt[183]). Die Durchforstung soll eine von allen starren Regeln unabhängige, freie sein. Ein teilweises Eingreifen in den Hauptbestand unter Schonung des Nebenbestandes ist nötig, besonders ist die Herausbildung, Begünstigung und Pflege des voraussichtlichen Haubarkeitsbestandes in möglichst vielen und tunlichst hochwertigen Nutzholzstämmen zu erstreben. Dieser Durchforstungsmethode entspricht ohne Zweifel der E-Grad des neuesten Arbeitsplanes der forstlichen Versuchsanstalten. Offenbar gebührt Heck die Priorität.

2. Die dänische Durchforstung in Buchen. Auf dieselbe hat in

---

ständen, welche für Anwendung eines Loshiebes gegen Windwurf schon zu alt sind, geradezu angezeigt sein, um die Randstämme rascher erstarken und durch Kronen- und Wurzelausbreitung widerstandsfähiger werden zu lassen.

181) Vergl. u. a. die Verhandlungen des badischen Forstvereins zu Wolfach von 1884.

182) cfr. z. B. Gayer, „Waldbau" S. 551 ff.; Ney, „Waldbau" S. 295.

183) Heck, „Freie Durchforstung". Mündener forstl. Hefte XIII, S. 18. Derselbe, „Zur freien Durchforstung" (Allg. F. u. J.Ztg. 1902, S. 289) u. s. w.

Deutschland Metzger aufmerksam gemacht[184]). Derselbe bemerkt, dass der Unterschied zwischen den deutschen und den dänischen Durchforstungen hauptsächlich darin bestehe, dass erstere Nutzungs-, letztere Erziehungs-Durchforstungen seien. In Dänemark unterscheide man die Stammklassen folgendermassen:

a) Hauptstämme, welche wegen ihrer Geradschaftigkeit und gleichmässigen Krone zu begünstigen sind und dereinst den Abtriebsbestand zu bilden haben.

b) Schädliche Nebenstämme, welche die zu erhaltenden und fortzubildenden Teile der Kronen der Hauptstämme schädigen und deshalb zu entfernen sind.

c) Nützliche Nebenstämme, welche die Astreinheit der Hauptstämme fördern und deshalb zu erhalten sind.

d) Indifferente Stämme, welche weder schaden noch nützen.

Hiernach sind die Klassen a und c zu schonen, die Klasse b ist zu beseitigen, Klasse d ist zu nutzen, soweit Absatz vorhanden ist.

Die Durchforstungen beginnen frühzeitig und gelinde; sie sollen sich in so viel Jahren wiederholen, als das Bestandesalter Dezennien zählt. Zwischen dem 60. und 70. Lebensjahr wird alle 6 Jahre, vom 100. bis 110. Lebensjahr alle 10 Jahre durchforstet. — Ein solcher intensiver Betrieb mag in dem waldarmen Dänemark angezeigt sein, ist jedoch anderwärts nicht immer durchzuführen.

3. Die Hochdurchforstung (éclaircie par le haut) wurde in Frankreich nach Massgabe der dortigen Verhältnisse, insbesondere unter dem Vorherrschen der Eiche und der Mittelwaldbestände ausgebildet[185]). Ihr Wesen besteht in dem Eingriff in den herrschenden Bestand unter Schonung der beherrschten Stämme. Den Gegensatz dazu bildet die Entfernung der unterdrückten Stämme, welche éclaircie par le bas genannt wird. Aehnlich der éclaircie par le haut ist die Posteler Durchforstung, durch v. Salisch auf Postel in Schlesien gehandhabt, welcher den Kronen der herrschenden Stämme frühzeitig durch Aushieb der zurückbleibenden Luft schaffen will. Die unterdrückten Stämme bleiben stehen. Das Ziel ist die Heranziehung eines hochwertigen Haubarkeitsbestandes unter Gewinnung tunlichst hoher Vorerträge bei vollständiger Erhaltung der Bodenkraft[186]).

Auch die ästhetische Wirkung dieser Durchforstungsart wird betont, indem die Bestände nicht so leicht „durchsichtig“ werden (v. Salisch, „Forstästhetik“, 2. Aufl. S. 188). Ebenso hat dieselbe eine Bedeutung zur Gewinnung von Schutz für das Wild.

4. Die Kulissendurchforstung empfahl Urich[187]) als Lichtwuchskulissenhieb, d. h. kräftige Lichtungen vom 30. Jahre ab auf Kulissen zwischen dunkel belassenen Streifen, welche den Boden gegen Aushagerung, Laubverwehung und Vergrasung sicherstellen sollen. Die Lichtwuchskulissen sollen senkrecht zur herrschenden Windrichtung laufen. Vom 70. Jahr an sollen die dunklen Zwischenstreifen ebenfalls stark angegriffen werden, so dass mit 90 Jahren der Bestand ziemlich gleichmässig gestellt ist und zur Verjüngung kommt. Borgmann[188]) empfahl horst- und gruppenweise Lichtwuchsdurchforstung, ebenfalls zur Mehrung von

---

184) Metzger, „Dänische Reisebilder“. Münd. forstl. H. IX, S. 81. — Derselbe, „Zur Beurteilung der dänischen Forstwirtschaft“. Allg. F. u. J.Ztg. 1898, S. 346. — Derselbe, Referat auf der deutschen Forstversammlung in Schwerin 1899, „Ist die in Dänemark gebräuchliche Art der Buchenbestandspflege bisher in Deutschland schon zur Anwendung gelangt und unter welchen Umständen etwa würde sich ihre Einführung in deutschen Waldungen bewähren“ (s. Versammlungsbericht).

185) Empfohlen in Boppe „Traité de sylviculture“.

186) Allg. F. u. J.Ztg. 1892, S. 226.

187) Ztschr. f. F. u. J.W. 1894, S. 591.

188) Das. 1895, S. 630.

Masse und Wert. Er will die Lichtungshiebe seiner etwa 10 Ar grossen Lichtungshorste allmählich ringförmig vorschreiten und an Intensität der Kronenfreihiebe abnehmen lassen. Seine Lichtungen sollen erst mit 50 Jahren beginnen.

Reuss[189]) empfahl Kulissendurchforstung, indem in streifenweisem Wechsel starke, mässige und schwache Durchforstungen ausgeführt werden sollen, um diejenigen Gefahren starker Durchforstungen zu vermeiden, welche zu erwarten sind, wenn dieselben über den ganzen Bestand ausgedehnt werden.

5. Borggreve's Plenterdurchforstung[190]). Durch dieselbe wird der früher als Ausnahme betrachtete Aushieb herrschender Stämme vom reiferen Stangenalter, spätestens vom ersten Beginn der Mannbarkeit ab geradezu als das normale Vorgehen gefordert. Prinzip dabei ist, dass durch diesen Aushieb dominierender Stämme regelmässig einer grösseren oder geringeren Anzahl beherrschter (immerhin noch entwickelungsfähiger) Stämme Luft gemacht wird, welche sich infolgedessen demnächst zu brauchbaren Nutzstämmen herausarbeiten, während sie sonst, d. h. unter dauernder Bedrückung seitens der bisher dominierenden Exemplare lediglich die Rolle des Füllholzes weiter gespielt und früher oder später ganz abständig geworden wären. Allmählich wird also eine möglichst grosse Anzahl der im Bestande überhaupt vorfindlichen Stämme einer vollgiltigen Entwickelung entgegengeführt, bis bei genügend langer Umtriebszeit (140—160 Jahre) und fortdauernder Wiederholung (alle 10 Jahre Aushieb von 0,1—0,2 der Bestandesmasse, welche sich durch Zuwachssteigerung entsprechend wieder ergänzt) das brauchbare Material aufgezehrt ist. Inzwischen hat der Bestand das denkbar mögliche Maximum an guten Nutzholzstämmen geliefert; die jeweils ausgeforsteten dominierenden Stämme ergaben relativ frühzeitig bedeutende Gelderträge, mithin ist diese Art der Wirtschaft überdies eine in hohem Grade rentable. Bedingung für die Durchführbarkeit ist die Entwickelungsfähigkeit der durch die Durchforstung freigestellten, bisher beherrschten Stämme. Ist diese gesichert, so lässt sich im übrigen das Verfahren zweifelsohne durchführen, und es fragt sich dann nur, ob es auch genügend gut, bezw. besser rentiert, als jede andere Art der Durchforstung.

Ich stehe nicht an, die Möglichkeit der noch leidlich guten Entwickelung einer Mehrzahl jener Individuen zuzugeben, falls die Bedrückung seither keine zu weitgehende war und ihnen entsprechend rechtzeitig beigesprungen wird. Immerhin bin ich nicht geneigt, die Erholungsfähigkeit so weit und so allgemein vorauszusetzen, als Borggreve[191]). Aber hiervon abgesehen möchte ich die höhere Rentabilität der Plenterdurchforstung vorläufig verneinen. Den herrschenden Stämmen, falls sie allseits genügenden Wachsraum erhalten, vindiziere ich eine Zuwachsleistung, welche sie befähigt, in kürzester Zeit den Markt mit den geforderten Sortimenten zu befriedigen. Der im 60ten Jahre als prädominierend ausgehauene Stamm kann in dieser Hinsicht doch nicht gleiches leisten, wie der nämliche Stamm, falls er noch 20 oder 40 Jahre zugewachsen wäre. Der höhere Umtrieb liefert bei der Plenterdurchforstung, da eine Mehrheit stärkster Stämme jeweils herausgehauen wird, doch immer wieder nur Stämme mittlerer Dimensionen; wenn aber solche für die Befriedigung des Marktes genügen,

---

189) Oe. F.Ztg. 1896, S. 73.

190) Borggreve, „Holzzucht", S. 186 ff., sowie Forstl. Blätter von 1887, S. 225 ff.

191) Es ist hier natürlich nicht der Ort, ins einzelne auf eine Diskussion der hochinteressanten Frage einzugehen. Nur die Notiz sei angefügt, dass auch die Wirtschaft bei der Weisstanne im Schwarzwald und in den Vogesen, also bei der wohl unzweifelhaft zählebigsten Schattenholzart, zwischen den noch entwicklungsfähigen unterdrückten Tannen und denen, von welchen wegen zu starker und zu lang andauernder seitheriger Bedrängung eine Erholung und Erstarkung nicht mehr zu hoffen ist, sorgfältigst unterscheidet.

so ist gar nicht abzusehen, weshalb man diese Stämme nicht je auf grösseren Einzelflächen mit niedrigerem Umtrieb erziehen soll, wobei auch noch alle geringeren Sortimente, die doch ebenfalls gute marktfähige Ware darstellen, in genügender Menge anfallen, während die Plenterdurchforstung eigentlich grundsätzlich auf die Nutzung der geringeren Stammklassen verzichtet, indem sie deren Individuen möglichst alle noch in höhere Klassen aufrücken lassen will. Wäre dies ohne beträchtlichen Zeitaufwand möglich, so könnte nichts dagegen eingewendet werden. Dass die stets dominierend gewesenen Stämme meist ungünstigere Stammformen haben, ist an sich zwar wohl richtig, wird aber durch die stärkeren Dimensionen vielfach reichlich aufgewogen (entscheidend ist die Zopfstärke bei bestimmter Länge); ebenso ist der ungünstige Einfluss der Fruktifikation nicht in dem Masse zu fürchten, wie es Borggreve tut. Wäre dieser Einfluss überhaupt ein regelmässig eintretender, so müsste sich im allgemeinen, wie schon früher ausgesprochen wurde, jedes Mastjahr durch einen relativ schmalen Jahresring charakterisieren. Wie mir scheint, hat Borggreve vorzugsweise solche Bestände im Auge, in welchen eine verhältnismässig kleine Anzahl von Jugend auf entschieden vorwüchsiger Individuen Luft- und Bodenraum im Bestande in übermässiger Weise in Anspruch genommen hat, so dass unter und neben ihnen keine auch nur annähernd gleichwertigen Stämme vorfindlich sind. Solche Bestände bilden freilich nie das Ideal der Wirtschaft. Die Zahl der dominierenden Stämme müsste allgemein durch alle Alter des Bestandes mindestens so gross sein, als die Stammzahl des (unter vollkommener Berührung der Kronen) gut geschlossenen Haubarkeitsbestandes. Im Alter der erklärten Hiebsreife, d. h. dann, wenn wir zum Abtrieb und zur Verjüngung schreiten, braucht kein freier Raum zwischen den einzelnen Kronen mehr vorhanden zu sein. Bei normaler Entwickelung des Bestandes wird aber jene Minimalzahl dominierender Stämme (in von Jugend an natürlich abnehmendem Masse) weit übertroffen, indem diese, bei der Bestandespflege vorzugsweise zu berücksichtigenden Stämme stets in solcher Zahl vorhanden sein sollen, dass sie, ohne die bereits beherrschten und unterdrückten, vor jeder Durchforstung für sich allein einen mindestens mässig geschlossenen Bestand darstellen. Dann aber ist eine so weitgehende Abformigkeit der herrschenden Klasse keineswegs allgemein zuzugeben. — Borggreve zitiert mich selbst[192]) als einen bedingungsweisen Anhänger seiner Plenterdurchforstung, weil ich auf einigen von der württembergischen Versuchsstation angelegten D-Flächen, also bei unserem stärksten Durchforstungsgrade, auch dominierende Stämme herausgehauen habe[193]). Solches ist freilich geschehen, aber nur mit einzelnen Exemplaren, die besonders vordringlich waren, und nur wenn die dadurch vom Druck befreiten Stämme „in ihrer Gesamtheit für Bestandesschluss, Massen- und Wertsproduktion etc. demnächst mehr zu leisten versprachen, als der vorgewachsene Stamm.“ Ich habe jenen Aushieb versuchsweise, wenn auch in der vollen Ueberzeugung von seiner Berechtigung, vornehmen lassen in ca. 35jährigen Beständen, zunächst um in denselben etwas zu egalisieren, bezw. um die übergrossen Ansprüche einzelner Individuen zu gunsten der Gesamtheit zurückzuweisen. Die höchste Leistung des Bestandes ist nicht durch w e n i g e besonders starke Stämme gegeben, sondern sie ruht in einer i n n e r h a l b d e s R a h m e n s d e r g e g e b e n e n U m t r i e b s z e i t herausgebildeten möglichst grossen Anzahl kräftig entwickelter Stämme. In diesem Sinne scheue ich den gelegentlichen Aushieb einzelner dominierender Stämme keineswegs, be-

192) Borggreve, Holzzucht S. 189/190.

193) Vergl. Lorey, „Durchforstung oder Lichtungshieb“? Allg. F. u. J.Z. v. 1881, S. 406.

trachte ihn aber stets nur als Ausnahme und jedenfalls nicht vorzugsweise wegen der dadurch ermöglichten Erhöhung der Umtriebszeit als willkommen; eine solche kann doch nie an sich Wirtschaftsziel sein, sondern nur dann einen Zweck haben, wenn eine niedrigere Umtriebszeit nicht imstande ist, den Markt mit der begehrten, gebrauchsfähigen Ware zu versehen. Solange eine niedrigere Umtriebszeit dies leistet, hat sie vor der höheren stets den Vorzug und gerade in diesem Sinne sind kräftige Durchforstungen eindringlich zu empfehlen.

Was die „Plenterdurchforstung" neues darstellt, ist — dies muss scharf betont werden — nur der als Regel hingestellte Grundsatz, auch gesunde, normal gebildete, vollkommen nutzholztaugliche dominierende Stämme vor der Hiebsreife des Gesamtbestandes, also gelegentlich der Zwischennutzungen lediglich deshalb herauszuhauen, weil dadurch einigen bisher unterdrückten Individuen die Möglichkeit gewährt wird, auch noch wenigstens Mittelware zu werden, während sie sonst als nur gering zuwachsende Stämme einem einzelnen, allerdings besonders hochwertigen Stamme zugesellt blieben, bis sie bei einer Durchforstung als minderwertiges Material gehauen werden. Die ganze Frage scheint mir einfach eine solche der statischen Rechnung zu sein. Und gerade die höhere Rentabilität der Plenterdurchforstung möchte ich, ohne die Anwendbarkeit der letzteren in einzelnen Fällen zu bestreiten, allgemein zunächst nicht zugeben. Insoweit die Plenterdurchforstung solche dominierende Stämme nutzt, welche aus irgend einem Grunde (Holzart, Stammform, Kronenentwickelung u. s. w.) nicht Träger der Nutzholzerzeugung im Bestande sind, fordert sie nichts anderes, als dasjenige, was da, wo man überhaupt richtig durchforstet hat, schon längst in der nämlichen Weise gemacht worden ist.

Die Plenterdurchforstung ist in grösserem Massstab in dem hessischen Hinterland des Reg.-Bz. Wiesbaden eingeführt. Eine, bei Gelegenheit der Tagung des Deutschen Forstvereins in Wiesbaden 1900 unter Leitung Borggreve's dahin unternommene Exkursion hat eine Erörterung in der Literatur hervorgerufen, deren Ergebnis nicht als eine durchgehende Anerkennung der Richtigkeit des Prinzips anzusehen ist (Bericht über die 1. Hauptversammlung des Deutschen Forstvereins S. 200 ff., ferner Fw. Ztbl. 1900, S. 589 Fürst, „Eine Exkursion ins Gebiet der Plenterdurchforstung" 1901, S. 118, Berichtigung von Borggreve und Entgegnung von Fürst, ferner Borggreve in Ztschr. f. F. u. J.W. 1901, S. 385). Es ist abschliessend zu bemerken, dass die Borggrevesche Plenterdurchforstung keine Zwischennutzung, sondern Hauptnutzung darstellt. Dieselbe hat in ungleichwüchsigen Beständen, z. B. in Buchenbeständen, die aus fortgewachsenem Mittelwald oder Femelwald hervorgegangen sind, ebenso in ungleichalterigen Weisstannenbeständen, ohne Zweifel ihre volle Berechtigung und es ist ein Verdienst Borggreves, auf die Notwendigkeit, bezw. Zweckmässigkeit einer Beseitigung der sog. „Protzen" aufmerksam gemacht zu haben. Eine Verallgemeinerung des Prinzips und die Anwendung desselben auf gleichmässig erwachsene Bestände ist zu beanstanden.

§ 61. IV. Durchführung im Walde.

a) Veranschlagung. Für die planmässige Durchführung eines systematischen Durchforstungsbetriebes ist die Veranschlagung nach der Fläche ein wichtiges Erfordernis, derart, dass der Wirtschafter daran gebunden ist, jährlich eine gewisse Fläche gründlich vorzunehmen, so dass die Wiederkehr in einer, im voraus zu bestimmenden angemessenen Umlaufszeit gesichert ist. Dazu hat die Forsteinrichtung die nötigen Bestimmungen zu treffen.

b) Holzauszeichnung. Die sorgfältigste Leitung des Durchforstungsbetriebs ist eine der wichtigsten Obliegenheiten des Wirtschaftsbeamten. Ist letzterer auch in einem grösseren Reviere nicht imstande, jedes einzelne auszuforstende Exemplar in Jungwüchsen selbst zu bezeichnen, so muss er sich doch durch entsprechend umfängliche Probeauszeichnung überzeugt haben, dass seine Absichten von dem untergebenen

Personal nach allen Seiten hin vollständig verstanden sind. Auch hat er sich durch häufig wiederholten Besuch der Hauungen von dem sachgemässen Vollzug seiner Anordnungen zu überzeugen; Zweifelsfälle sind seiner Entscheidung vorzubehalten. Dass sich die Ausführung in Brennholzbeständen meist sehr viel einfacher gestaltet, als in einer Nutzholzwirtschaft, im reinen Bestande einfacher als im gemischten, liegt auf der Hand. Im frühesten Alter des Bestandes genügt auch eine Probedurchforstung unter den Augen des Wirtschafters, bei geringeren Stangen erfolgt Auszeichnung mit dem Risser, bei stärkeren und bei Stämmen mit dem Waldhammer. Die spezielle Auszeichnung der späteren Durchforstungen dürfte, wenn dieselben wirklich alles Wünschenswerte leisten sollen, dem Wirtschaftsführer nicht erspart bleiben. Die richtige Schlagstellung ist sofort, d. h. durch einmalige Auszeichnung anzustreben; beim Laubholz ist die letztere womöglich vor Laubabfall vorzunehmen[194]).

c) Hiebsführung: In jüngeren Beständen kommen als Werkzeuge event. besondere Durchforstungsmesser, ferner die Durchforstungsschere und die Heppe in Betracht; demnächst haben Axt und Säge einzutreten. Feinere Durchforstungen (in Jungwüchsen, wo nicht jedes Exemplar besonders ausgezeichnet ist) werden oft mit Vorteil im Taglohn ausgeführt. Die Zeit der Vornahme ist in der Regel von der Ausführung der Hauptfällungen abhängig, indem die Durchforstungen mit diesen in passender Weise kombiniert werden müssen. Meistens führt man die Durchforstungen nach Beendigung der Haupthauungen aus. Sie geben öfters neben den Ausläuterungen eine passende Sommerarbeit für ständige Holzhauer.

Drittes Kapitel.

Die Aufastungen[195]).

§ 62. Unter Aufastungen oder Entastungen versteht man die Wegnahme von Aesten an stehenden Stämmen. Je nachdem diese Aeste schon abgestorben oder noch lebend sind, unterscheidet man Trocken- und Grünästung[196]).

I. Zweck: Die Aufastung kann in dreifacher Beziehung von Bedeutung werden, nämlich 1. für die Entwickelung der aufgeasteten Stämme selbst; 2. für die Entwicke-

194) Die Regel, den Hieb erst schwach zu greifen, und dann eine Nachauszeichnung vorzunehmen, führt keineswegs immer zu dem gewünschten Ziel einer gleichmässigen Durchlichtung des Bestandes. Ist eine solche bei dem ersten Aushieb erreicht, so werden durch die Nachfällung vielfach Ungleichförmigkeiten entstehen, zumal man mit dem Nachhieb in der Regel in stärkere Stammklassen kommt. — In noch belaubtem Bestande bietet dichter Kronenschluss manchmal eine Schwierigkeit für die richtige Beurteilung des Werts einzelner Stämme. Immerhin aber dürfte dieselbe weniger hoch zu veranschlagen sein, als die nach Laubabfall häufig eintretenden Zweifel bezüglich der relativen Bedeutung von Nachbarstämmen. Es kommt hinzu, dass der Nachsommer meist die „arbeitsfreie“ Zeit des Revierverwalters ist, so dass er dann das Geschäft des Auszeichnens ohne Kollision mit anderen Arbeiten vornehmen kann.

195) Zu vergleichen: Allgemeiner Arbeitsplan für forstliche Aestungsversuche. Aufgestellt von dem Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten 1886, abgedruckt im Jahrbuch der preuss. Forst- und Jagdgesetzgebung und Verwaltung, 18. Bd., 4. Heft. S. 264 ff. In demselben sind sämtliche bei der Aestung irgend in Betracht kommende allgemeine Gesichtspunkte aufs vollständigste zusammengestellt. Zugleich ist daraus zu ersehen, nach welchen Richtungen hin die ganze Frage der Klärung noch bedarf. — Vergl. auch Kienitz, „Ueber die Aufastung der Waldbäume“, Suppl. zur Allg. F. u. J.Z. X. Bd., 2. Heft, 1877. May, „Geschichte der Aufastungstechnik und Aufastungslehre“ (F. Ztbl. 1889, 1890 u. 1891. Ferner „Instruktion für Aufastungen“ (im Grossh. Hessen) F. Ztbl. 1899, S. 317.

196) Gelegentlich (z. B. in dem vorgenannten Arbeitsplan) wird auch noch die sog. Welkästung unterschieden, worunter die Wegnahme natürlich oder künstlich (durch Einstutzen oder Ringelung) gewelkter Aeste verstanden wird.

lung des Unterwuchses; 3. durch die dabei gewonnene Holzmasse. Bald veranlasst uns die eine, bald die andere der genannten Absichten zur Ausführung einer Aestung; in den meisten Fällen jedoch wird dieselbe in erster Linie behufs

a) Erziehung guter Nutzstämme vorgenommen. Dabei kommt in Betracht die etwaige Wirkung der Aufastung α) auf die innere Gesundheit des Stammes, β) auf die inneren Strukturverhältnisse, γ) auf die Wachstumsverhältnisse (Formentwickelung etc.). In jedem Falle steht der Gebrauchswert des Stammes in Frage.

Ob und inwieweit die Aestung günstig wirkt, ist noch nicht endgiltig und insbesondere noch nicht durch die erforderliche Reihe exakter komparativer Versuche genügend festgestellt. Je nach den vorliegenden Bedingungen wird der Erfolg ein sehr verschiedener sein. Die angestrebten Vorteile sind: Erzeugung astfreier Holzlagen, verbesserte Schaftform, Anregung des Wachstums überhaupt und insbes. des Höhenwachstums, Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Stürme und sonstige Witterungsübel. Es fragt sich nur, ob diese Vorteile erreicht werden können, ohne dass gleichzeitig Nachteile eintreten, und ob weiterhin der Erfolg derart ist, dass sich der durch die Aufastung bedingte Kostenaufwand lohnt.

Solange es sich nur um Entnahme trockener Aeste (event. Aststummel) handelt, wie sie sich namentlich infolge mangelnder Lichtwirkung fast immer mehr oder weniger reichlich vorfinden, kann der Baum, entsprechend vorsichtige Ausführung vorausgesetzt, nur Vorteil von der Aestung haben, indem dadurch eine Arbeit vollzogen wird, die er anderenfalls entweder durch allmähliches Abstossen des toten Organs selbst vornehmen müsste, oder deren Unterlassung bei der Unmöglichkeit des Abstossens stärkerer Aeste insofern nachteilig wirkt, als der tote Teil einwächst, zu Fehlstellen (Hornästen) Anlass gibt und demnächst die Nutzfähigkeit des Stammes vermindert. Allerdings ist nach Mayr (Jahresbericht als Supplementband der Allg. F. u. J.Ztg. für 1893) die Trockenästung auf schwaches Material zu beschränken, weil die von Saprophyten bewohnten dürren Aeste die beste Prophylaxis gegen Pilzparasiten sind. Erhebliche Zweifel bestehen hinsichtlich der Grünästung: Die Ansichten gehen sehr auseinander; im allgemeinen aber scheint festzustehen, dass man selbst bei Bäumen von hoher Reproduktionskraft nicht über ein gewisses Mass (Zahl der zu entfernenden Aeste, Grösse der Wundfläche) hinausgehen darf, wenn nicht die Nachteile (Minderung der Organe, mangelhafte Ueberwallung etc.) überwiegen sollen. Die Umstände, welche den Erfolg beeinflussen, sind nach Art und Umfang noch durch Versuche festzustellen. Im einzelnen sind dabei hinsichtlich der Objekte, an welchen die Aestung vollzogen wird, zu beachten: die Holzart, die Standortsverhältnisse, die Bestandesverhältnisse im ganzen und der aufzuastenden Stämme im besonderen. Naturgemäss stehen betreffs der Holzart für den hier in Rede stehenden Zweck nur Nutzholzarten in Frage und zwar dürften in erster Linie die Eiche, sowie unsere Nadelhölzer ins Auge zu fassen sein. Hinsichtlich des Standorts kommen alle einzelnen Faktoren desselben in Betracht, da dieselben in ihrer Verschiedenheit wohl unzweifelhaft auch auf den Effekt der Aestung modifizierend wirken können. Die Lage (Himmelsrichtung, Abdachung etc.) beeinflusst das Klima und die physikalischen Eigenschaften des Bodens; Grundgestein und Untergrund, Boden (besonders die Feuchtigkeitsverhältnisse) und Klima (Regenhöhe, Verteilung der Niederschläge, Insolation u. s. w.) sind für die Entwickelung der Holzart und für die Wachstumsenergie einzelner Individuen massgebend. Auch das Alter der zu ästenden Bäume ist zu beachten, sofern man wahrscheinlich einem jungen bis mittelalten vollkräftigen Individuum mehr zumuten kann als einem alten Stamme. Wie sich jedoch die Wirkung aller dieser Momente bezüglich des Erfolges der Aufastung gestaltet, ist noch aufzuklären.

b) Förderung des Unterwuchses. Hierbei kommt namentlich der Mittel-

wald, sowie der Hochwald mit natürlicher Verjüngung in Betracht. Im Mittelwald ist die Bedeutung des Unterholzes meist eine sehr erhebliche, indem viele Besitzer, von jeder einseitigen Steigerung der Oberholzproduktion absehend, auf die im Unterholz zu gewinnende Brennholzmenge besonderen Wert legen müssen. Allzu reichliche Beschattung seitens der Oberständer behindert die freudige Entwickelung des Unterwuchses, so dass durch Entnahme eines Teils der Aeste an jenen, mit möglichster Berücksichtigung der unter a angedeuteten Gesichtspunkte, nachgeholfen werden muss. Nicht minder können unter Umständen die Jungwüchse des Plenterwaldes und des schlagweisen Hochwaldbetriebes eine Lockerung des Kronenschirmes durch Entastung (Wegnahme der unteren Aeste) fordern. Dadurch wird zugleich das spätere Ausbringen der Mutterbäume mit geringerer Schädigung des Unterwuchses möglich[197]. Immerhin darf man die nachteilige Wirkung einer nur zeitweisen stärkeren Ueberschirmung des Jungwuchses nicht überschätzen, damit nicht für Aufastungen ohne Not zu grosse Kosten aufgewendet und nicht Stämme, welche noch längere Zeit stehen sollen, durch die Aestung zu gunsten des Unterstandes unverhältnismässig geschädigt werden.

c) Materialanfall: Die Aufastung liefert nicht nur eine je nach Umständen mehr oder minder schätzbare Holzmasse, sondern wird vielfach auch zur Gewinnung von Streu (Reissstreu im Gebirg) und Futterlaub (z. B. von Eschen) regelmässig vorgenommen. Namentlich letztere beide, dem Gebiete des Nebennutzungsbetriebs zugehörenden Zwecke sind oft Veranlassung einer, sonstige Rücksichten vernachlässigenden Ausdehnung der Massregel (Schneidelbetrieb).

II. Erfolg der Aestung: Ausser den ad I a bereits angegebenen bedingenden Momenten sind von Einfluss die Ausführung der Entastung, die Zeit ihrer Vornahme, der Umfang derselben (Anzahl und Stärke der weggenommenen Aeste), die aufgewendeten Kosten.

A. Art der Ausführung und zwar

1. Ort der Abtrennung der Aeste: Man unterscheidet Aestung scharf am Stamme, Aestung in geringem Abstande vom Stamme (sog. Stummeln), Einstutzen der Aeste in grösserer Entfernung vom Stamme zum Behufe der vorläufigen Verhinderung ihrer Stärkezunahme oder des allmählichen Abwelkens und späteren Nachschneidens am Stamme.

Beim Aesten scharf am Stamm kann der Schnitt parallel zur Baumachse oder senkrecht zur Astachse geführt werden. Im ersteren Falle ist die Wundfläche etwas grösser, die Ueberwallung aber meist vollständiger, der Einfluss der Operation, weil der beim Schnitt senkrecht zur Astachse meist verbleibende kleine Astteil fehlt, ein günstigerer. — Das Belassen kurzer Stummel scheint meist zwecklos, ja wegen Einfaulens derselben schädlich, wogegen das Belassen längerer Astreste mit einigen noch grünen Zweigen sich dann empfehlen kann, wenn man starke Aeste an bald zu fällenden Stämmen nicht ganz zu entfernen wagt, inzwischen jedoch die Beschattung des Unterwuchses vermindern möchte.

2. Instrumente: Ein glatter Schnitt ist bei der Grünastung zur Erzielung möglichst rascher guter Ueberwallung unbedingt erforderlich; alles Splittern, Einreissen in Holz und Rinde, Loslösen der Rinde vom Holzkörper ist zu vermeiden. Nur für schwache Aeste, welche mit einem Hieb vom Stamm getrennt werden können, sind Beil oder Heppe, event. auch ein (von unten zu führendes) Stosseisen anwendbar. Im

---

197) z. B. Aufastungen im Schwarzwald. Die allmähliche Entastung, hauptsächlich zu gunsten der Entwickelung des Unterwuchses, ist von der oft vollständigen Entastung unmittelbar vor der Fällung, behufs geringerer Beschädigung der Jungwüchse durch den fallenden Stamm, zu unterscheiden. Von letzterer ist man vielfach abgekommen, weil infolge des nunmehr ganz unvermittelten Aufschlagens der Stämme auf den Boden (Steinräuhen!) zu viele, insbes. Tannen-Stämme zerbrechen.

übrigen ist die Aestung mit der Säge (Hand- oder Stangensäge) vorzunehmen. Besondere Aufastungssägen mit kleinen Zähnen und verstellbaren Blättern, wie z. B. diejenigen von Alers[198], Nördlinger[199], sowie Müller-Dörmer[200].

3. Ausführung, Behandlung der Wundfläche: Zur Vermeidung des Einreissens in den Stamm ist bei Entnahme aller stärkeren Aeste von unten her zunächst an der Schnittstelle einzukerben; schwere Aeste werden überdies am besten stückweise entfernt. — Die Schnittflächen werden bei Nadelhölzern, bei welchen öfters Verschluss durch Harzaustritt erfolgt, und die kleineren auch bei Laubhölzern einer besonderen Behandlung nicht unterzogen; dagegen sollen alle grösseren Wundflächen, insbesondere gegen das Eindringen von Pilzen, durch einen am einfachsten und billigsten aus Steinkohlenteer zu beschaffenden Anstrich verschlossen werden. — Organisation der Arbeit: Nur durchaus zuverlässigen, geübten Arbeitern darf die Aestung übertragen werden. Bis zu einer gewissen Höhe vom Boden (ca. 6 Meter, ja mit Ansatzgestänge bis zu ca. 10—12 Meter) kann die Stangensäge angewendet werden, weiter hinauf wird die Astung durch Besteigen der Bäume vorgenommen. Zum Besteigen der Bäume sind besondere Steigapparate erfunden worden, so von Zehnpfund der sog. Steigrahmen[201]; Verbesserungen desselben wurden vorgeschlagen von Hefele[202] und anderen. Die Anwendung der Alers'schen Baumgabel erfordert einen zweiten Arbeiter; ein solcher ist auch zum Teeren der Wundstellen anzustellen.

B. Zeit der Aufastung[203]: Dieselbe soll bei Laubholz in der Zeit der Saftruhe stattfinden; am besten ist der Nachwinter: starker, anhaltender Frost, Hitze, bedeutender Saftausfluss etc. würden ungünstig wirken; nach der Aestung im Nachwinter beginnt mit eintretender Saftbewegung im Frühjahr alsbald die Ueberwallung. Bei Fichten jüngeren Alters ist beobachtet worden, dass die Sommergrünästung wegen des mit ihr verbundenen Harzausflusses ein Ueberkleben der Wunden und dadurch eine Vorbeugung gegen das Eindringen der Pilzsporen und somit gegen die Fäulnis im Gefolge hatte.

C. Ausdehnung der Aestung: In Frage steht die Stärke der zu entnehmenden Aeste, deren Anzahl und Stellung am Stamm, im konkreten Falle beeinflusst durch Höhe des Kronenansatzes, Kronenlänge, Kronendurchmesser, Kronendichte etc. des zu entastenden Stammes.

Welche Grösse die einzelne Wundfläche je nach Alter, Stärke und Wüchsigkeit des Stammes ohne Gefahr haben darf; in welchem Masse durch geringen vertikalen und seitlichen Abstand mehrerer Wundflächen von einander, namentlich bei stärkeren Aesten der Ueberwallungsprozess erschwert und die Gefahr einer von denselben ausgehenden Verderbnis erhöht wird; welche relative Gesamtausdehnung der Wundflächen eines Stammes man nicht ohne Nachteile, auch für die physiologischen Funktionen und die Zuwachsverhältnisse, überschreiten könne? sind Fragen, deren zuverlässige Beantwortung nach dem jetzigen Stand unserer Kenntnis noch nicht möglich ist. (Weisstanne und Fichte sollen, nach Dengler,

---

198) Die sog. „Flügelsäge“ von Forstmeister Alers in Helmstedt ist beschrieben in Alers „Ueber Aufästen der Waldbäume“ etc. 2. Aufl. 1874. Ueber ihre Leistung zu vergleichen u. a. Hess, „Aufastung von Eichen“ (Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 1879, S. 353). Derselbe, Allg. F. u. J.Z. 1874, S. 37 ff. — Derselbe, „Astungen in Fichtenstangenhölzern“ (Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1882, S. 452). -- Zum Festhalten schwanker Aeste behufs des Absägens hat Alers eine auf einer Stange befestigte „Baumgabel“ konstruiert; cfr. Allg. F. u. J.Z. v. 1886, S. 395.

199) cfr. Kritische Blätter, LI. Bd. a, S. 220 ff.

200) Allg. F. u. J.Ztg. 1893, S. 200.

201) Ztschr. f. d. ges. Fw. 1892, S. 465.

202) Fw. Ztbl. 1894, S. 299.

203) Vergl. Kienitz a. a. O. S. 68, 72, 75, 78, 80.

bis zu 0,6—0,7, Kiefer und Lärche bis zu 0,8 der Baumhöhe entastet werden dürfen. Tramnitz hält die Entnahme von 20—33% der grünen Krone für zulässig, fordert aber für die Eiche, dass die Wunden [höchstens 4 cm Durchmesser!] in 3—4 Jahren überwallen.) Im allgemeinen ist vor Beseitigung starker Aeste zu warnen, wogegen schwächere Aeste an schönen Stämmen zu beseitigen sind.

D. Kosten: Die Aufastung ist als eine viel Sorgfalt erfordernde Manipulation verhältnismässig teuer. Selbst wenn die hinsichtlich des Astungsverfahrens (Instrumente, Arbeitsorganisation etc.) günstigen Bedingungen ausfindig gemacht sind, ist zu erwägen, ob und inwieweit — nach Abzug des Wertes der anfallenden Astmasse — der Aufwand durch die erwarteten Vorteile gedeckt wird. Für sicheres ziffermässiges Bemessen fehlen bislang die nötigen Anhaltspunkte.

Angesichts der zahlreichen bedingenden Faktoren ist die Aufastungsfrage eine überaus komplizierte, zu deren allseitiger Lösung sich Pflanzenphysiologen und Forstleute verbinden müssen. Vorläufig scheint bezüglich der Grünästung grosse Vorsicht geboten zu sein, mindestens insoweit es sich um Stämme handelt, welche noch längere Zeit wachsen sollen. Jedenfalls wird man gut tun, die Aestung vorerst nur als eine Ausnahmsmassregel zu betrachten.

Viertes Kapitel.

Auszugshauungen.

§ 63. Dieselben entfernen solche vom vorigen Umtrieb überkommene Ueberhaltstämme, welche nicht geeignet sind, bis zur Hiebsreife des jetzigen Bestandes auszuhalten. Die Veranlassung liegt zumeist in den betreffenden Stämmen selbst, indem ein grosser Teil derselben vorzeitig schadhaft wird und im Zuwachs nachlässt; zum Teil aber fordert auch die Pflege des umgebenden Bestandes, welcher durch die meist breitkronigen Altholzstämme in seiner Entwickelung gehemmt wird, deren Aushieb. Es ist zu erwägen, ob im Falle des Stehenlassens die Wertsmehrung des Ueberhälters für den Zuwachsausfall am neuen Bestande ein Aequivalent bietet. Die Fällung hat mit der nötigen Vorsicht (vorheriges Entasten etc.) zu erfolgen, damit der Jungbestand möglichst wenig leidet.

Fünftes Kapitel.

Unterbau und Lichtungsbetrieb.

§ 64. Vorbemerkungen: Unter Unterbau versteht man das Einbringen eines Unterholzes in einen vorhandenen Bestand, unter Lichtungsbetrieb einen solchen Eingriff in einen Bestand, welcher den einzelnen Bäumen desselben eine räumlichere Stellung schafft, als sie durch den natürlichen Auslichtungsprozess und die regelmässigen Durchforstungen herbeigeführt wird. Beide, Unterbau und Lichtungsbetrieb, bezwecken eine Steigerung des Zuwachses, der erstere hauptsächlich durch Verbesserung der physikalischen Bodeneigenschaften, der letztere durch Gewährung eines vergrösserten Wachsraumes für Wurzeln und Krone. Im Vergleich zum nicht unterbauten geschlossenen Hochwaldbestande, welcher in bestimmter Zeit Stämme von gewissen mittleren Dimensionen erzeugt, soll also entweder in der gleichen Zeit stärkeres und damit wertvolleres Holz oder es soll gleich starkes (gleichwertiges) Holz in kürzerer Zeit erzielt werden; in beiden Fällen hat man einen wirtschaftlichen Gewinn, so lange nicht die Zuwachsmehrung nur durch einen verhältnismässig zu hohen Kostenaufwand herbeigeführt wird. Unterbau und Lichtungsbetrieb sind an sich verschiedene Massregeln, gehen aber insofern Hand in Hand, als vielfach eine Bestandeslichtung Bedingung für ge-

deihlichen Unterbau ist und umgekehrt ein über das Mass einer kräftigen Durchforstung hinausgehender stärkerer Aushieb im Bestande öfters den Unterbau als Ergänzung fordert, wenn nicht eine Bodenverschlechterung eintreten soll.

Danckelmann nennt (cfr. Zeitschr. f. F. u. J. 1881, S. 5) Hochwald-Unterbaubetrieb einen Hochwaldbetrieb mit anfangs gleichaltrigem Hauptbestand und mit Unterbau von Schattenholzarten im stark durchforsteten Stangen- oder geringen Baumholzbestande. Derselbe unterscheidet sich vom Lichtungsbetriebe dadurch, dass der Zwischenhieb bei diesem stark in den Hauptbestand eingreift, bei jenem dagegen in der Hauptsache nur Nebenstand entnimmt.

I. Unterbau insbesondere[204]).

A. Allgemeine Gesichtspunkte.

§ 65. Der Unterbau ist in erster Linie eine Massregel der Bodenpflege. Man unterscheidet den zu unterbauenden Bestand und die einzubringende Holzart. Es ist Tatsache, dass sich in allen anfänglich geschlossenen Beständen früher (bei Lichthölzern) oder später (bei Schattenhölzern) von selbst eine Auslichtung vollzieht, indem allmählich eine immer grössere Anzahl von Stämmen infolge der Bedrängung durch die Nachbarn oder aus anderen Gründen abständig wird. Die hiermit gegebene Unterbrechung des Kronenschlusses gewährt der Sonne und dem Wind Zutritt zum Boden, welchem dadurch seine Feuchtigkeit entzogen, dann aber auch durch beschleunigte Zersetzung der Streudecke geschadet wird. Die Humusbildung erfolgt nicht mehr im bisherigen Verlauf; die Ueberkleidung des Bodens mit spontan auftretenden Standortsgewächsen bietet meist kein genügendes Gegenmittel, sondern beschleunigt oft die Aushagerung des Bodens, weil viele jener Gewächse (meist Lichtpflanzen) demselben Wasser entziehen, ohne durch intensive Beschirmung und ausgiebigen Laubabfall, also durch Vermittelung reichlicher Humusbildung für Erhaltung, bezw. Vermehrung der Bodentätigkeit zu sorgen.

Die Fälle, in welchen sich blattreiche, dichtgeschlossene Forstunkräuter so massenhaft einstellen, dass die Funktionen des künstlich eingebrachten Unterholzes übernehmen könnten, bilden nicht die Regel, zumal nicht auf mittleren Standorten, für welche der Unterbau sehr häufig in Betracht kommt. Beste Böden (z. B. Auwaldungen) bedürfen desselben oft nicht.

In ähnlicher Weise, wie durch die natürliche Auslichtung, wird die Unterbrechung des Kronenschlusses durch Beschädigungen, welche von aussen an den Bestand herantreten (Insekten, Sturm, Schnee), sowie durch wirtschaftliche Eingriffe herbeigeführt. Wird nun ein solcher Bestand unterbaut, so will man durch diese Massregel die Leistungsfähigkeit des Bodens erhalten, wenn möglich dieselbe steigern oder, wäre sie schon gesunken, den früheren Zustand wieder herstellen, von der Ueberzeugung ausgehend, dass nur eine dauernd vollständige Bedeckung der Bodenoberfläche hierzu geeignet ist.

Ob der erwartete Erfolg wirklich eintritt, muss demnächst die Beschaffenheit des unterbauten Bestandes dartun. Der überzeugende Beweis kann nur durch den komparativen Versuch erbracht werden, indem man von zwei im übrigen ganz gleichen Beständen (bezw. Bestandesteilen) den einen unterbaut, den anderen ohne Unterbau weiter behandelt, so dass die Verschiedenheit des schliesslichen Holzanfalls als eine Folge des ausgeführten

---

204) Zu vergleichen u. a.: Arbeitsplan betr. Versuche über Unterbau- und Lichtungsbetrieb im Hochwald, aufgestellt von dem Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten (siehe Jahrbuch der preuss. Forst- u. Jagdgesetzgebung und Verwaltung XIX. Bd., 1. Heft, S. 12). — Urich, „Unterbau von Lichtholzarten" (Forstw. Zentralbl. 1884, S. 472). — Borggreve, „Lichtungshieb mit Unterbau" (Forstl. Blätter 1883, Febr.). — Schott von Schottenstein in d. Forstl. Blättern Mai 1883, S. 145 ff.: eine Entgegnung auf den vorzitierten Artikel Borggreve's. — Landolt, schweiz. Zeitschrift 1883, S. 172. — Kast, Der Unterbau und seine wirtschaftliche Bedeutung (Z. f. d. g. F. 1889 S. 51. 102. 150).

oder unterlassenen Unterbaues angesehen werden kann. Von vielen Seiten werden günstige Erfolge des Unterbaues gemeldet; aber es darf nicht übersehen werden, dass häufig der zu vergleichende nicht unterbaute Bestand fehlt. Nach den Untersuchungen von Kast ist eine direkte Steigerung des Zuwachses als Folge des Unterbaus nicht nachzuweisen, jedoch eine Mehrung der Sommerholzbildung und eine günstige Wirkung auf den Boden. Gruppen- und horstweiser Unterbau ist am meisten am Platze. Wenn geltend gemacht wird[205], durch den Unterbau schaffe man für den Oberstand eine am Nährstoffkapital des Bodens mitzehrende gefährliche Konkurrenz, so wäre dies nur insoweit zuzugeben, als Teile des Unterwuchses zur Nutzung herangezogen werden. Dies ist aber in erheblicherem Umfang meist nur dann der Fall, wenn der Oberstand bereits so stark durchlichtet ist, dass durch ihn allein keine vollständige Auswirkung der Bodenkräfte mehr stattfindet. Aber selbst wenn eine etwas gesteigerte Mineralstoffentnahme einträte, dürfte dieselbe durch den günstigen Einfluss des Unterbaues auf die physikalischen Bodeneigenschaften reichlich paralysiert werden. Dagegen kann allerdings der sehr dichte Unterwuchs einen Wasserentzug im Boden herbeiführen, welcher für den Oberbestand nachteilig wird. Eine derartige bodenaustrocknende und dadurch den Zuwachs mindernde Wirkung des Fichtenunterwuchses unter Kiefern ist durch Untersuchungen von Geh. Oberforstrat Zetzsche in Meiningen nachgewiesen worden[206].

B. Bedingende Momente.

§ 66. Beim Unterbau kommt in Betracht: die zu unterbauende Holzart, die spezielle Aufgabe des Unterwuchses, die einzubringende Holzart, der Boden, die Zeit des Unterbaues, die Art der Ausführung.

1. Die zu unterbauende Holzart: Im allgemeinen werden nur solche Holzarten unterbaut, welche für sich allein dem Boden nicht dauernd die nötige Beschirmung gewähren, also vorab Lichthölzer und zwar naturgemäss dann, wenn Gewinnung von Nutzholz beabsichtigt wird, zu dessen Erziehung solche Abtriebsalter erforderlich sind, welche jenseits des Zeitpunktes der beginnenden, energischen, natürlichen Bestandesauslichtung liegen[207]. Der Unterbau findet seine Stelle hiernach zumeist in Beständen der Eiche, Kiefer und Lärche.

2. Die spezielle Aufgabe des Unterstandes: Derselbe soll entweder nur den Boden bedecken (reines Bodenschutzholz), oder man will von demselben neben dem Oberstand noch eine mehr oder minder beträchtliche Nutzung beziehen. Im ersten Fall genügt eine Unterbrechung des Kronenschlusses im Oberstand soweit, dass die eingebaute Holzart sich gerade lebenskräftig im Schluss erhalten kann, ohne aber zu irgend lebhafterer Entwickelung angeregt zu sein; im zweiten Falle muss man ihr durch weitergehende Eingriffe in den Oberstand lebhafteres Wachstum verstatten, und es ergeben sich dann, je nach den verschieden weitgehenden Ansprüchen, die man an beide Bestandesteile (Oberstand und Unterwuchs) macht, zahlreiche Modifikationen in der Durchführung, die sich aber, wenn auch nicht schon alle als eigentlicher Lichtungsbetrieb, so doch als Uebergänge zu demselben charakterisieren lassen.

3. Der Boden, oder allgemeiner der Standort überhaupt, wirkt einmal durch seinen Einfluss auf die Beschaffenheit des zu unterbauenden Bestandes, sodann in Absicht auf das Gedeihen der Unterbauholzart. Da sich auf besseren Standorten die natürliche Ausscheidung am greifbarsten vollzieht, hier auch Beihilfe in Gestalt von Durchforstungen oft am meisten angebracht ist, kommen solche Orte für den Unterbau zunächst in Betracht. Wie weit man mit demselben auch auf geringem Stand-

---

205) Borggreve a. a. O.

206) Allg. F. u. J.Ztg. 1890 S. 269 Schmidt, Bodenschutzholz und Unkrautdecke in ihren Beziehungen zu Bodenfeuchtigkeit und Bestandeszuwachs.

207) Für ausnahmsweise, z. B. im kleinen Privatbesitz vorkommende Umtriebszeiten von 50 bis 60 Jahren, bei welchen nur Brennholz und geringe Nutzhölzer erzeugt werden sollen, kann der Unterbau wohl meist entbehrt werden.

orte vorgehen soll, lässt sich nicht allgemein angeben, sondern muss erst durch direkten Versuch festgestellt werden. A priori lässt sich vermuten, dass der Erfolg der Massregel auf schlechten Böden sehr bald ein zweifelhafter sein wird, weil die Sicherheit des Gedeihens der eingebrachten Holzarten und damit die Wahrscheinlichkeit einer günstigen Einwirkung auf den Boden und Oberholzbestand bei gleichem, ja vielfach bedeutenderem Kostenaufwand geringer wird.

4. Die einzubringende Holzart: Dieselbe muss, der Natur der Sache nach, eine schattenertragende sein, damit sie unter dem Drucke der Oberholzkronen mindestens soweit wuchskräftig bleibt, um die erwarteten günstigen Wirkungen auf den Boden zu gewährleisten. Somit kämen zunächst in Betracht die Buche, Tanne und Fichte, sodann Hainbuche, Linde, event. auch (für besonders nasse Böden) Schwarzerle.

Entscheidend für die Wahl der einzubringenden Holzart ist vorab der Standort, daneben aber der Zweck des Unterbaues. Die Buche ist wohl diejenige Holzart, welche, sofern der reine Schutzzweck in Betracht kommt, zunächst in Wahl steht, da sie durch ihren Laubabfall am günstigsten auf den Boden wirken dürfte. Sie taugt aber nicht in kalte, nasse Lagen; hier wird sie meist sehr zweckmässig durch die Hainbuche ersetzt. Guten Erfolg verspricht auch die Linde (selbst auf minderkräftigem Boden), doch wird man sie meist nicht eigens anbauen, wohl aber ihr, wo sie vorhanden ist, den Platz gönnen. Die Roterle könnte nur ausnahmsweise auf nassen Stellen angewendet werden, wogegen die Weisserle auf trockenem Standorte, z. B. auf Kalkböden in Betracht kommen würde. Alle diese Laubhölzer liefern, auch bei lichterer Stellung des Oberstandes, nur Brennholz. Sobald von dem Unterstand auch Nutzholzproduktion verlangt wird, muss man zur Tanne oder Fichte greifen. Vornehmlich dürfte sich die Tanne dazu eignen. Dieselbe ist nicht nur sehr zählebig unter stärkerem Schirmdruck, sowie demnächst raschwüchsig, sobald sie freigestellt wird, sondern bleibt mit ihrer Wurzel nicht in der Bodenoberfläche, diese verfilzend, und verschliesst, trotz reichlicher Benadelung, den Boden doch nicht zu sehr. Bei der Fichte liegt immer die Gefahr eines zu intensiven Abschlusses des Bodens von Luft und Niederschlägen (durch Wurzelgeflecht und Krone) vor. Jedenfalls sollte die Fichte nicht zu engständig eingebracht werden. Ueberdies ist zu beachten, dass Nadelhölzer, wie Tanne und Fichte, in den ersten Jahren nach dem Einbringen dem Boden nichts zurückgeben, da sie ihre Nadeln während einer Reihe von 5—8 Jahren behalten. Für manche Fälle (bei stärker gelichtetem Oberstand) könnte vielleicht auch die Weymouthskiefer als Unterbauholz in Frage kommen.

5. Die Zeit des Unterbaues: Nach der Art der für den Unterbau gestellten Aufgaben ist der richtige Zeitpunkt für denselben von der Beschaffenheit des zu unterbauenden Bestandes abhängig. Frühzeitiger Unterbau gewährt dem Boden am meisten Schutz; doch muss die Entwickelung der eingebrachten Holzart durch entsprechende (natürliche oder künstliche) Lockerung des Kronenschlusses im Oberstand sicher gestellt sein. Dabei ist die verschiedene Wirkung eines höheren oder tieferen Kronenansatzes zu beachten, d. h. in einem schon etwas älteren, bezw. höheren Bestande kann das Schirmdach in sich ein etwas dichteres sein. Man wird im allgemeinen kaum vor dem 30. Jahre unterbauen, andererseits aber meist auch nicht länger als bis zum 60. oder 70. Jahre mit der Einbringung des Unterholzes warten dürfen, wenn nicht inzwischen schon eine nachteilige Veränderung der Bodenbeschaffenheit hervortreten soll. Entscheidend ist dabei natürlich auch das Abtriebsalter des Oberstandes. Der Unterbau kann sich nur dann empfehlen, wenn das Unterholz noch genügend Zeit hat, auf den Boden zu wirken. Unter dieser Voraussetzung können auch noch ältere als 70-jährige Bestände oft mit Vorteil unterbaut werden (z. B. 80—100jährige Eiche bei 140jährigem Umtrieb).

6. Ausführung: Wie überhaupt, so ganz besonders da, wo von dem Unterholz keine Nutzung erwartet wird, ist auf möglichste Reduktion der Kosten des Verfahrens zu achten. Je nachdem das Kulturmaterial verfügbar ist, wählt man Saat oder Pflanzung. Als Saatmethode findet man breitwürfiges Einbringen ebenso wie

Riefen- und Plätzesaat in Anwendung. Mastjahre der Buche und Tanne sind möglichst auszunutzen. Wird Pflanzung vorgezogen, so bedient man sich eines einfachen Verfahrens mit geringen (zweijährigen Buchen- und Hainbuchen-, 3—5jährige Tannen-) Pflänzlingen. Die Anzucht derselben erfolgt zweckmässig auf Wandersaatbeeten unter Schutzbestand[208]). Der zu unterbauende Bestand ist vorher, falls die natürliche Auslichtung einer Ergänzung bedarf, zu durchforsten, wobei namentlich die zu Nutzholz nicht tauglichen Stämme (Zwieselbildungen, Drehwuchs etc.) herauszunehmen sind. Die Schirmstellung ist in der Regel so zu wählen, dass nicht gleich in den ersten Jahren nach dem Einbringen des Unterholzes eine Nachlichtung nötig wird. Jedenfalls aber ist in allen Fällen mindestens derjenige Grad der Durchlichtung herzustellen, wie er einer entschieden starken Durchforstung entspricht.

C. Besondere Fälle des Unterbaues.

§ 67. 1. Unterbau der Eiche: Für denselben empfiehlt sich zunächst ein Laubholz, also in erster Linie die Buche; namentlich wenn jüngere (40—50jährige) Eichenbestände unterbaut werden sollen, ist das Einbringen von Nadelholz — abgesehen von den schon angedeuteten besonderen Bedenken gegen die Fichte — deshalb gefährlich, weil dasselbe, sobald es durch weiter vorschreitende Lichtung im Oberstande zu kräftiger Entwickelung angeregt wird, oft zu rasch in die Krone der Eichen nachdrängt und letztere, auch ohne dass vollständiges Ueberwachsen stattfände, durch seitliches Beengen schädigt. Behufs möglichster Vermeidung der Wasserreiserbildung ist beim Unterbau in Eichenbeständen stets vorsichtige, langsam gesteigerte Lichtzufuhr geboten. Zu dem Ende darf man auch mit dem Aushieb der nutzholzuntauglichen Eichen nicht auf einmal zu radikal vorgehen. 2. Unterbau der Kiefer: Die vorangedeuteten Gründe gegen Fichte und Tanne treten hier zurück. Unterbau mit Tannen ist insbesondere oft rentabel, sofern der Standort demselben kein Hindernis bietet. Die Entwickelung der unterbauten Bestände gestaltet sich oft so, dass man vom waldbaulichen Standpunkte aus bei der weiteren Behandlung sowohl die Kiefer als die Tanne (event. Fichte) begünstigen und die Entscheidung gänzlich dem lokalen Wertsverhältnis der beteiligten Holzarten überlassen kann. — Vergl. auch Danckelmann „Kiefern-Unterbaubetrieb“ (Zeitschr. f. F. u. J. 1881, S. 1), desgleichen Weinkauff, Ueber den Unterbau der Kiefern mit Buchen im Pfälzer Wald (Fw. Zbl. 1896, S. 442). Auch Weymouthskiefer kann als Füllholz zur Erziehung der Kiefer auf Buntsandstein mit gewählt werden. 3. Unterbau der Lärche: Hier kommt die Buche als einzubringende Holzart in Frage, doch kann meist ebenso gut ein einzubauendes Nadelholz, vorab die Tanne gewählt werden.

II. Lichtungsbetrieb insbesondere[209]).

A. Allgemeine Gesichtspunkte.

§ 68. Die Wirkung des Lichtes ist unter den bei der Entwickelung der Pflanzen wirksamen Faktoren mit in erster Linie beteiligt. Vermehrter Lichtgenuss steigert den Zuwachs, sofern die sonstigen Wachstumsbedingungen, insbesondere die Feuchtigkeits-

208) In der Grossh. hess. Oberförsterei Viernheim werden z. B. massenhaft Buchenpflanzen in lichten Kiefernbeständen auf oberflächlich vorbereiteten Beeten erzogen. — Der Unterbau mit stärkeren Pflanzen kann nur in sehr verlichteten Beständen zur Bewältigung des Unkrauts in Frage kommen, ist aber wegen der hohen Kosten bedenklich. — Bereits vorhandene Bodensträucher können je nach ihrer Art (Rhamnus, Viburnum, Lonicera etc.) unter Umständen belassen bezw. in den Unterbau einbezogen werden (nötigenfalls nach vorherigem Aufdenstocksetzen), immer jedoch so, dass die einzubringende Schattenholzart nicht notleidet, sondern herrschend wird.

209) Vergl. Burckhardt, „Lichtungsbetrieb der Buche und Eiche“ in Aus dem Walde VII, S. 88 ff.

verhältnisse des Bodens günstig sind. Als direkte Folge des erhöhten Lichteinflusses auf die Baumkrone ist immer ein gesteigerter Zuwachs am einzelnen Baum zu konstatieren, wenn sich derselbe öfters auch nur zunächst im grösseren Wachstum der Krone und der Wurzeln ausdrückt[210]). Diese Zuwachsvermehrung findet aber ihre Grenze; sie kann beim Einzelbaume und entsprechend auch beim Bestande nicht über ein bestimmtes Mass hinausgehen, weil die überhaupt mögliche Arbeitsleistung des Baumes eine beschränkte ist, bedingt durch die grösste Zahl dabei tätiger Organe (Wurzeln, Blätter), die er überhaupt auszubilden vermag, bezw. bis zu einem bestimmten Zeitpunkte ausgebildet hat; d. h. der einzelne Baum kann nicht mehr als einen beschränkten Standraum ausnutzen. Das mögliche Maximum der Leistung des Einzelbaumes ist zu kombinieren mit der pro Flächeneinheit vorfindlichen Anzahl der Individuen. Ueberdies ist die durch Freistellung veränderte Zuwachsverteilung am Baume (veränderte Form, verhältnismässig starke Verdickung des unteren Schaftteiles), sowie die durch Zuwachssteigerung etwa herbeigeführte Aenderung der technischen Eigenschaften (breite, enge Jahresringe etc.) zu beachten. Diese stärkere Zunahme des unteren Schaftteiles ist nach Metzger[211]) bedingt durch das grössere Andrängen des Windes bei Freistand, welcher ein Tieferrücken des Schwerpunktes erheischt, wie solches durch Verstärkung des Dickenwachstums im unteren Teile des Schaftes erfolgt. Ausschlaggebend für den Wirtschaftserfolg ist schliesslich der Preis der insgesamt pro Flächeneinheit in gegebener Zeit erzielten Produkte.

Der Lichtungsbetrieb schliesst sich unmittelbar an die starke Durchforstung an. Die Grenze zwischen beiden dürfte, wenn eine durchschnittliche Zahl angegeben werden soll, vielleicht bei einer Entnahme von 0,2 der Masse des normal entwickelten Vollbestandes zu finden sein[212]); ein dieses Mass übersteigender Aushieb unterbricht den Kronenschluss in der Regel schon so weit, dass am stehengebliebenen Bestandesteil ein eigentlicher Lichtungszuwachs zur Auswirkung kommt; ob aber dieser immerhin noch geringe Eingriff genügt, um die höchste Leistung herbeizuführen, ist erst durch zahlreiche komparative Versuche noch weiter zu erforschen[213]).

Mit dem Namen „Lichtungsbetrieb" wird nicht gerade eine besondere Grundform forstlicher Betriebssysteme bezeichnet, sondern man meint damit gewöhnlich nur gewisse Formen des schlagweisen Hochwaldes, welche sich als Modifikationen des nach der Schablone heraufwachsenden mehr oder minder gleichalterigen Schlussbestandes charakterisieren. Dagegen ist der durch zahlreiche neuere Untersuchungen wiederholt nachgewiesene bedeutende Lichtungszuwachs im Plenterwald nicht das Produkt eines besonderen Lichtungsbetriebs, sondern mit dem normal geleiteten Plenterbetrieb durch dessen grundsätzliche Eigentümlichkeiten jederzeit verknüpft. Ebenso gehört der Lichtungszuwachs an Ueberhältern für den zweiten Umtrieb nicht unter die Rubrik „Lichtungsbetrieb".

B. Bedingende Momente.

§ 69. Auch hier kommen, analog wie beim Unterbau, eine ganze Reihe einzelner

210) Grassmann, „Beitrag zur Lehre vom Lichtungszuwachs etc." (Allg. F. u. J.Ztg. 1900 S. 45).

211) Metzger, „Studien über den Aufbau der Bäume und Bestände nach statischen Gesetzen" (Münd. forstl. Hefte V und VI).

212) cfr. den in Anmerkung 204 erwähnten Arbeitsplan der Versuchsanstalten, woselbst der geringste Lichtungsgrad auf Aushieb von 20% der Holzmasse normiert ist; jede geringere Entnahme würde noch als Durchforstung zu bezeichnen sein.

213) Borggreve ist der Ansicht, dass eine Verminderung der Masse um 0,2 als Regel genüge, um vollen Lichtungszuwachs zu gewähren; bei diesem Eingriff sei ein Unterbau keinenfalls nötig, weil die Kronenlockerung noch eine sehr mässige sei. Ueberdies will B. hauptsächlich den Lichtungszuwachs der späteren Lebensperioden eines Bestandes nutzbar machen, während andere, wie z. B. Wagener davon ausgehen, dass der Lichtungszuwachs vornehmlich bis zum etwa 80jährigen Alter Grosses leiste.

Umstände in Betracht, nämlich: der zu lichtende Bestand, der besondere Zweck des Lichtungshiebes, die Zeit des Beginnes, das Mass der Lichtung, die Art und Häufigkeit wiederholter Lichtungen, der mit der Lichtung etwa verbundene Unterbau.

1. Der Bestand: Beim Lichtungsbetrieb handelt es sich keineswegs nur um die Erzielung hervorragenden Nutzholzes, sondern um Zuwachssteigerung überhaupt, so dass derselbe auch für Brennholzorte oft mit Vorteil eingeführt werden kann; nur ist in solchen wegen der verhältnismässig geringeren Wertsmehrung der Kostenaufwand für künstliche Einbringung eines Unterstandes selbstredend vorher noch sorglicher zu erwägen, als bei dem mit hohem Qualitätszuwachsprozent arbeitenden Nutzholzbestande. Bildet sich dagegen ein Unterwuchs mittelst vorzeitiger, infolge der Lichtung beschleunigter natürlicher Besamung, so dass der Boden gedeckt ist, so kann auch für Brennholzwirtschaften (Buche) die stärkere Durchlichtung infolge der Zuwachssteigerung bei gleichzeitiger Abminderung des Materialvorrates von hoher Bedeutung werden. Immerhin besteht der Hauptzweck des Lichtungsbetriebes in der Anzucht hochwertigen Nutzholzes, weshalb neben der Eiche namentlich wieder unsere Nadelhölzer: Forche, Lärche, Tanne, Fichte in Betracht kommen. Nur Bestände auf besseren Standorten werden die auf die Durchführung des Lichtungsbetriebes verwendete Mühe entsprechend lohnen.

2. Der besondere Wirtschaftszweck: Dass überhaupt nur wuchsfähigen Stämmen im Lichtbestand die gewünschte Zuwachssteigerung zugemutet wird, ist selbstverständlich. Wo Nutzholz erzogen wird, sind im allgemeinen alle Stämme von zweifelhafter Nutzholzqualität in solchem Umfange zu entfernen, dass nicht dadurch eine augenblicklich oder für die Dauer zu weitgehende Bestandeslichtung herbeigeführt wird. Man kann in der Folge (durch nur mässige Lichtung) eine Mehrzahl annähernd gleichgearteter mittelstarker Stämme erziehen oder durch stärkeres Freihauen eine kleinere Zahl von Stämmen besonders begünstigen. Ausserdem ist darüber zu entscheiden, ob man vorzugsweise die Mittelklassen fördern oder die Individuen der stärksten Klasse zur Ausbildung hervorragender Dimensionen bringen möchte; ferner, ob man den Zweck durch gleichmässige oder mehr gruppenweise Verteilung der zu belassenden Stämme erreichen will.

Gleichmässige Verteilung wird beim eigentlichen Lichtungsbetrieb immerhin die Regel bilden; man muss dabei auf den Einzelstamm eingehen; möglichst viele, allseitig normal entwickelte Individuen sollen im Bestande vorhanden sein, für deren jeden ein bestimmter Anteil am Boden- und Luftraum verfügbar ist. Die Anordnung in Gruppen ist gleichbedeutend mit dem Uebergang zur Femelschlagform, welche hier nicht beabsichtigt wird. Ob mehr die stärksten oder mehr die mittelstarken Stämme bei der Schlagstellung zu berücksichtigen sind, hängt zunächst von der Verteilung der Gesamtstammzahl auf die einzelnen Durchmesserstufen, sowie von der räumlichen Verteilung der einzelnen Stärkeklassen im Bestande ab. Daneben entscheidet das Wertsverhältnis der verschiedenen Sortimente.

3. Beginn: Der Arbeitsplan des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten setzt als Zeit für Einleitung von Versuchen über Lichtungsbetrieb das Alter der Bestände von 30—70 Jahren fest. Hiermit ist alles ausgedrückt, was als allgemeine Regel ausgesprochen werden kann: man will früh beginnen, um dem Bestande durch einen möglichst langen Zeitraum seiner Gesamtentwicklung die Vorteile der Lichtung zu sichern, doch aber nicht so früh, dass nicht der Bestand vorher, mehr oder minder geschlossen, eine gehörige Mittelhöhe erreicht und sich dabei von überflüssigen Aesten genügend gereinigt hätte; man will und kann keinen bestimmten Zeitpunkt angeben, in welchem die erste Durchlichtung behufs Herbeiführung des grössten Erfolgs stattzufinden hat, sondern macht alles von der jeweiligen Beschaffenheit des Bestandes abhängig, der doch mindestens schon als angehendes Stangenholz angesprochen werden soll; man will übrigens mit jener Umgrenzung nicht erklären, dass jeder später als

im 70. Jahre beginnende Lichtungsbetrieb wertlos sein werde, vielmehr gilt diese Zahl lediglich für die besonderen Zwecke der einzuleitenden Versuche, während sonst in den meisten Fällen auch eine später erfolgende Lichtung noch guten Dienst tun wird.

Holzart, Bestandesbegründung, bisherige Behandlung, Standort, auch in beschränktem Masse die Absatzverhältnisse beeinflussen im konkreten Falle die Entscheidung in ähnlicher Weise, wie dies in § 63 bezüglich des Unterbaues angedeutet worden ist. Ueberdies soll ja über die einschlägigen Fragen erst in Zukunft durch komparative Versuche endgültige Aufklärung gewonnen werden. Im allgemeinen aber dürfte möglichst frühzeitiger Beginn am erfolgreichsten sein.

4. Das Mass der Lichtung: Ein auch nur in den meisten Fällen absolut vorteilhaftestes Mass kann nicht angegeben werden, sondern — abgesehen davon, dass auch in dieser Richtung sichere Anhaltspunkte für jede allgemeinere Beurteilung noch fehlen, — erfordern die besonderen Umstände des einzelnen Falles je eine besondere Begutachtung. Auf mehr als 50 Prozent des Vollbestandes (bezogen auf die Stammgrundfläche) wird man den Aushieb kaum je ausdehnen, ja in den weitaus meisten Fällen nicht an diese Grenze herangehen (wenigstens sicherlich nicht, wenn nur die Entwickelung des Oberstandes ins Auge gefasst wird); anderenfalls erhalten die Einzelstämme schon einen über das Maximum ihrer Ausnutzungsfähigkeit hinausgehenden Standraum. Jedenfalls kann ein, 20% der Masse des regelmässig durchforsteten Vollbestandes übersteigender Eingriff kaum je ohne gleichzeitigen Unterbau stattfinden. Dann allerdings können Rücksichten auf die Erziehung eines wertvollen Zwischenbestandes — (event. freilich auch das Fehlen einer genügenden Anzahl Nutzholz versprechender Oberholzstämme) im Einzelfalle auch einen noch weitergehenden Eingriff begründen. Doch steht man dann vor einer waldbaulichen Aufgabe, die korrekterweise nicht eigentlich mehr als Erzielung möglichst wertvollen Lichtungszuwachses bezeichnet werden kann. Jedenfalls muss man bei der Herstellung stärkerer Lichtungsgrade, mit Rücksicht auf Schaftlodenbildung (Eiche), Sturmgefahr, Duftbruch u. s. w., vorsichtig sein, so dass dabei in der Regel die allmähliche Ueberleitung[214]) vor plötzlichem Uebergang den Vorzug verdient.

5. Wiederholte Lichtung: So oft der Charakter des erstmals eingeführten, bezw. dauernd beabsichtigten Lichtstandes durch erfolgte Kronenverbreiterung verloren gegangen ist, muss eine Nachlichtung eintreten. Da eine beschleunigte Neubildung in der Krone des gesunden, wuchskräftigen Baumes die naturgemässe Folge der Lichtung ist und dadurch der Bestand seinen Lichtungsgrad alsbald zu verringern beginnt, so könnte nur durch andauernden Aushieb von Stämmen (oder durch Entastung) ein bestimmter durchschnittlicher Lichtungsgrad erhalten bleiben. In der Praxis ist dies auf grösseren Flächen unausführbar; vielmehr wird, von ganz besonderen Ausnahmsfällen feinerer Bestandespflege abgesehen, in bestimmten (5—10jährigen) Perioden die Durchlichtung wiederholt, in demselben Sinne, wie auch bei den Durchforstungen meist nur periodische Wiederkehr des Hiebs in die einzelnen Waldorte möglich ist. Sorgfältige Begutachtung der einzelnen Stämme bei der Auszeichnung ist hiebei dringend anzuraten.

6. Unterbau: Derselbe bildet beim Lichtungsbetrieb immer dann die Regel, wenn sich nicht durch natürliche Besamung (Schattenhölzer, wie Buche, Tanne, Fichte) oder durch Stockausschlag (z. B. von Linde, Buche, Hainbuche, Eiche, selbst von Strauchhölzern) oder durch Vermittelung von Vögeln ein den Boden schützender Unterwuchs einstellt. Blosses Ueberkleiden des Bodens mit Forstunkräutern etc. wird aus den in § 65 angegebenen Gründen nicht für genügend erachtet. Alle für den Unterbau mass-

214) Vergl. die sog. „Vorlichtung" Krafts in Burckhardts „Aus dem Walde" IX. S. 71.

gebenden Gesichtspunkte kommen in Betracht.

C. Spezielle Fälle des Lichtungsbetriebs.

§ 70. Die in § 67 (besondere Fälle des Unterbaus) gegebenen Direktiven gelten auch hier, sofern es sich um Lichtung in Eichen-, Kiefern- und Lärchenbeständen handelt. Bei den Schattenhölzern Buche, Tanne und Fichte ist ein Lichtungsbetrieb ziemlich gleichbedeutend mit frühzeitiger Einleitung der natürlichen Verjüngung und langem Verjüngungszeitraum. Ein künstlicher Unterbau fällt bei diesen Holzarten meist aus, vorausgesetzt, dass man einen stärkeren Eingriff in den Bestand erst im Alter der angehenden Mannbarkeit (nach Standort, Bestandesbehandlung etc. wechselnd) unternimmt. Bei der weiteren Behandlung ergeben sich zahlreiche Modifikationen, je nachdem man die erstmals eingetretene Besamung alsbald zur Erziehung eines Jungbestandes benutzt und durch allmählichen Nachhieb dem Aufschlag (durch den ganzen Ort gleichmässig oder unter besonderer Berücksichtigung von Gruppen und Horsten) den für seine Entwickelung nötigen Raum schafft oder einen sich einstellenden Jungwuchs unter dem Druck eines allmählich wieder mehr oder minder dicht sich schliessenden Kronendaches nicht aus der Rolle eines blossen Bodenschutzholzes herauskommen, ja demnächst vielleicht wieder ganz verschwinden lässt (Buche und Fichte), um erst einem späteren Mastjahr die Begründung eines neuen Bestandes zu übertragen.

Von zahlreichen, da und dort herausgebildeten, bezw. in der Literatur für bestimmte Verhältnisse empfohlenen, besonders charakterisierten Formen mögen hier nur folgende hervorgehoben werden:

1. Der zweialterige Hochwald Burckhardts[215]: Eine gelegentlich für die Buche empfohlene Bestandesform, welche dadurch bezeichnet ist, dass im Moment der Hiebsreife des Oberstandes ein Unterwuchs vom halben Umtriebsalter vorhanden ist, wobei u = 140—160 Jahre. Vom Unterwuchs bleiben beim Hieb ca. 50 bis 60 Standbäume pro ha stehen, welche beim nächsten Hieb, also nach 70—80 Jahren den Oberstand bilden. Verjüngung durch natürliche Besamung, selbst unter Benutzung von Stockausschlag, sowie in Notfällen unter künstlicher Beihilfe. Charakteristisch ist der grosse Standraum der einzelnen Oberbäume und die dadurch bedingte Entwickelung des Unterwuchses zu einem ertragsreichen Zwischenbestand.

2. Der modifizierte Buchenhochwaldbetrieb von v. Seebach[216]: Ein durch die Durchforstung gehörig vorbereiteter 70—80jähriger Buchenort wird unter Benutzung eines Mastjahres verjüngt. Im Oberstand werden so viele Stämme beibehalten (ca. 300 Stämme = etwa 0,4 der Masse), dass deren Kronen nach 30—40 Jahren (also im normalen Umtriebsalter von 100—120 Jahren) wieder voll geschlossen sind. Der Unterwuchs wird nur als Bodenschutzholz betrachtet, das mit vorschreitender Kronenannäherung des Oberstandes mehr und mehr zurückgeht. Im normalen Hiebsalter erfolgt dann eine regelrechte natürliche Buchenhochwald-Verjüngung. Inzwischen sind die Stämme unter dem Einflusse der vor 30—40 Jahren eingetretenen Lichtung zu besonders starken Hölzern erwachsen.

Angewendet zuerst von Oberforstmeister von Seebach (etwa 1835) im hannöverschen Solling, zunächst als Notbehelf beim Mangel genügender Mengen haubaren Holzes. Inzwischen mehrfach benutzt (z. B. versuchsweise in einigen württembergischen Revieren), um ohne Erhöhung der Umtriebszeit stärkere Buchenhölzer zu erziehen.

3. Die Homburg'sche Nutzholzwirtschaft[217]: Die ihrem Wesen

215) cfr. Burckhardt, „Säen und Pflanzen", 5. Aufl. S. 133. — Beling, „Der Stangenholzbetrieb" in den Forstl. Blättern von 1874, S. 148.

216) cfr. Pfeil, Krit. Bl. 21. Bd. 1. Heft S. 147 (1845). Kraft in „Aus dem Walde" VII. S. 98. Burckhardt, „Säen und Pflanzen", 5. Aufl. S. 132.

217) G. Th. Homburg, Die Nutzholzwirtschaft im geregelten Hochwald-Ueberhalt-

nach eigentlich als ein Ueberhaltbetrieb zu charakterisierende Wirtschaft darf gleichwohl insofern hier mit aufgeführt werden, als bei ihr durch Freihauen die später den Oberstand bildenden Nutzholzexemplare von Anfang herein auf diese Funktion vorbereitet werden. In der Regel bildet die Buche den Grundbestand. Beigemischt sind ihr, einzeln oder in Horsten, vorzugsweise die Eiche, aber auch je nach Umständen Esche, Ulme, Ahorn, sowie Nadelhölzer verschiedenster Art. Durchschnittlich je im 70jährigen Alter des Buchengrundbestandes erfolgt dessen natürliche Verjüngung, welche durch ($^1/_6$—$^1/_4$ des Vollbestandes umfassend) energische, die Pflege der demnächstigen Oberständer besonders berücksichtigende Vorhiebe bezw. Lichtungshiebe, eingeleitet wird. Gleichzeitig mit der Verjüngung der Buche werden die übrigen Holzarten — durch Saat oder Pflanzung, durch Vorverjüngung oder unter Benutzung der Stocklöcher u. s. w. — und zwar möglichst horstweise eingebracht, welche für den nächstfolgenden Umtrieb (neben einer Anzahl von Buchenüberhältern) die Oberbäume werden sollen. Ausser der Eiche werden hauptsächlich Tanne, Esche, Ahorn, Ulme, Fichte, Lärche und Weymouthskiefer empfohlen. In welcher Zahl diese vorhanden sein können, hängt wesentlich auch von den Bedürfnissen des neu erwachsenden Bestandes ab, welcher, weil die Kontinuität der Wirtschaft vermittelnd, selbst in seinen Schattenholzpartien nicht dauernd in starkem Schirmdruck erhalten werden darf. Die deshalb erforderlichen Nachhiebe bringen zugleich den verbleibenden Oberständern freieren Wachsraum und damit kräftigere Ausbildung.

4. Wagener's Lichtwuchsbetrieb[218]): Eigenartig ist der Grad der Lichtstellung und die Zeit des Beginnes. Wagener ging davon aus, dass, wenn auch die Holzbestände in der Jugend, damit die Bäume sich seitlich nicht übermässig ausdehnen, einer gewissen Beschränkung der Kronenausbreitung bedürfen, doch von dem Zeitpunkte an, in welchem infolge von Kronenspannung die Reinigung des Bestandes beginnt (Alter von 25—35 Jahren) eine Oeffnung des Kronenraumes dringend geboten sei, damit der Lichtungszuwachs möglichst frühzeitig dem Bestande zu gut komme. So wird bereits in der Jugend ein Kronenfreihieb bei denjenigen Individuen (einschliesslich einer Anzahl von Reserve-Exemplaren) vorgenommen, welche später den haubaren Bestand bilden sollen.

Selbstredend wird dieser Vorzug nur kräftigen, nutzholztauglichen Stämmen zuerkannt. Unter Voraussetzung der Wiederholung in 10jährigen Perioden würde ein freier Gürtel um die Einzelkrone von ca. 60 cm Breite genügen. Die Erziehung von mindestens 30—35 cm in Brusthöhe starken Stämmen in etwa 80jährigem Umtrieb ist das Ziel der Wirtschaft — ein Ergebnis, welches bei der gewöhnlichen Erziehung im Schlussbestand nicht innerhalb der üblichen Umtriebszeiten erreicht werden kann; letztere aber sollen nicht verlängert werden. Als Zeitpunkt für die Vornahme des ersten Kronenfreihiebs wird ein solches Stadium der Bestandesentwickelung angegeben, dass durchschnittlich bis auf eine Höhe von 10—12 Meter vom Boden (die für Blochholz entscheidende Länge!) die Stämme nur noch dürre oder nicht mehr beachtenswert fortwachsende Aeste besitzen. Bis dahin (d. h. auf Mittelboden etwa bis zum 30—40jährigen Alter) sei dichter Kronenschluss zu erhalten. Von trockenen, flachgründigen, heidewüchsigen Böden soll der Betrieb fern bleiben; etwa 500 Stämme pro Hektar bilden dann den normalen Bestand. Vom ersten Kronenfreihieb werden deshalb mindestens Stämme in je 4—5 Meter Abstand (je auf ca.

---

betrieb 1878. — Derselbe, „Ein Beitrag zur Nutzholzwirtschaft im geregelten Hochwald-Ueberhaltsbetrieb" (Allg. F. u. J.Z. von 1879, S. 175 ff.). — Derselbe, „Ein weiterer Beitrag . ." (Allg. F. u. J.Z. 1881, S. 375). — Ders., „Ein weiterer Beitrag . ." (Forstw. Zentralbl. v. 1884, S. 209).

218) Zu vergleichen: Wagener, „Waldbau", insbes. S. 246 ff., ferner Danckelmann, „Waldbauliche Theorien und Reform-Bestrebungen von Gustav Wagener" (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1887, S. 340 ff.); ferner G. Wagener, „Die Fortbildung des Waldbaues", Allg. F. u. J.Z. von 1887 S. 7 ff., 145 ff., 263 ff.

20 Quadratmeter Fläche ein Stamm) betroffen, natürlich ohne dass eine regelmässige Stellung Bedingung ist; man ist bei der Auszeichnung von der zufälligen Gruppierung der stärksten Stämme abhängig. Im Zwischenstand bleibt der Kronenschluss erhalten. Sind die freigehauenen Stämme Lichthölzer, so ist unter ihnen baldigst ein Unterbau vorzunehmen. Vorsicht beim Kronenfreihieb (Umbiegen in Gertenhölzern etc.) ist geboten. — Auf den Vorteil der raschen Erstarkung wird namentlich auch für Buchenbestände hingewiesen. — Das Höhenwachstum leidet nach Wagener durch die frühe Freistellung nicht; die etwas abformigere Schaftgestalt wird durch den stärkeren unteren Schaftteil, sowie durch besseres Holz ausgeglichen. — Wiederholte Lichtung je nach Bedarf (abhängig hauptsächlich von den Absatzverhältnissen, insbesondere hinsichtlich der etwaigen Ausdehnung der Lichtstellung auf den Zwischenbestand). Einbringen einer genügenden Nutzholzbestockung in das Schutzholz. — Der Lichtwuchsbetrieb ist, soweit bekannt, bis jetzt erst auf kleinen Flächen durchgeführt. Was er leistet, ist zunächst noch durch eine grössere Anzahl komparativer Versuche festzustellen. Die Anwendung im grossen würde jedenfalls (bei der Auszeichnung, Hiebsführung etc.) grösste Aufmerksamkeit des Wirtschafters erfordern.

D. Effekt des Lichtungsbetriebs.

§ 71. Der Betrieb ist berechtigt und zu empfehlen, wenn er tatsächlich mehr leistet, als der gewöhnliche Durchforstungsbetrieb. Bei der Vergleichung der beiderseitigen Rentabilität sind alle Faktoren zu berücksichtigen. Den aufs Ende der Umtriebszeit zu prolongierenden Kosten des etwaigen Unterbaues ist ausser dem Abtriebsertrag das durch die Lichtung gewonnene Plus an Vornutzungen mit seinem Prolongationswerte gegenüber zu stellen. In den Abtriebsertrag ist der Verkaufswert des eingebrachten Unterholzes oder Zwischenbestandes einzubeziehen.

Die bis jetzt vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind zum Teil nicht genügend methodisch erhoben, jedenfalls selbst in ihrer Gesamtheit noch nicht umfänglich genug, um nach allen Richtungen hin Klarheit zu gewähren. Die von einzelnen Seiten zu Ungunsten des Lichtungsbetriebs beigebrachten Beispiele sind von anderen rücksichtlich ihrer Beweiskraft bestritten. Es ist hier nicht der Ort, die einzelnen bezüglichen Mitteilungen[219]) zu kritisieren. Immerhin scheint, sofern man geringe Standorte vermeidet und einem Rückgang der Bodenkraft vorbeugt, die Mehrzahl der untersuchten Fälle entschieden zu gunsten eines nach den dargelegten Gesichtspunkten geleiteten Betriebs zu sprechen.

Vierter Abschnitt.

Die Betriebsarten.

§ 72. Vorbemerkungen: Während bis hierher die waldbaulichen Operationen in systematischer Anordnung einzeln besprochen worden sind, muss nun noch geprüft werden, wie sich dieselben gegenseitig ergänzen und zu der regelmässig wiederkehrenden, planmässigen Folge von Massnahmen zusammenordnen, welche man als Wirtschafts-Betrieb bezeichnet. Für letzteren ist also die planmässige Kombination

219) Vergl. u. a. Schott von Schottensteins Artikel in den letzten Jahrgängen der Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung (z. B. 1882 S. 408, 1883 S. 1, 1886 S. 346); desgl. von Reiss (Allg. F. u. J.Z. 1885 S. 217); Runnebaum (Zeitschr. für F. u. J.w. 1884 S. 460); Versuche über Lichtungsbetrieb (Oesterr. Vierteljahrsschrift von 1884 S. 199); Krafft (Allg. F. u. J.Z. 1885 S. 12); Riniker, „Der Zuwachsgang in Fichten- und Buchenbeständen unter dem Einfluss von Lichtungshieben“ (Davos 1887). Dagegen Untersuchungen von Dr. König (z. B. Forstl. Blätter 1886, S. 38 ff.), Borggreve, von Varendorff, Zetzsche etc. (letzte Jahrgänge der forstl. Blätter, z. B. 1884, S. 173, 195, 234, 345). Vgl. auch Kraft, „Beiträge zur Waldwertrechnung und forstl. Statik“ 1887. Bretschneider, Praktische Erfahrungen über den Lichtungszuwachs“ (Ztbl. f. d. ges. Fw. 1888 S. 535).

einzelner wirtschaftlicher Operationen charakteristisch, und je nach der Art dieser Kombination hat man verschiedene Betriebsarten zu unterscheiden. Angesichts der grossen Zahl möglicher Kombinationen (aus Holzart, Bestandesbegründung, bezw. Verjüngung, Bestandespflege, Erziehung u. s. w. mit allen ihren Modifikationen) ist es begreiflich, dass sich tatsächlich im Walde sehr viele mehr oder weniger von einander abweichende Betriebsarten vorfinden. Dieselben sind sämtlich durch menschlichen Eingriff, durch wirtschaftliche Kunst herausgebildet, während die Urwaldform naturgemäss überall das, zwar durch Holzart, Standort etc. modifizierte, im grossen und ganzen aber gleiche Gepräge trägt. Zum Verständnis des Wesens der Betriebsarten ist es aber erforderlich, einzelne scharf ausgeprägte Formen als typische herauszugreifen und an ihnen gewissermassen Schulbegriffe zu entwickeln, die dann als feststehend zu betrachten sind; zwischen dieselben lassen sich die übrigen in mannigfaltigster Reihe, oft mit kaum merklichen Uebergängen einschalten.

Ich möchte es als bedenklich bezeichnen, namentlich im Interesse der Anfänger im Studium, welche erst in das vielgestaltige Gebiet des Waldbaues eingeführt werden sollen, dass einige Lehrbücher eine verhältnismässig grosse Anzahl von Betriebsarten als selbständige Formen aufführen und beschreiben, während man einen Teil derselben recht wohl als Uebergangsformen bezeichnen und sich demgemäss auf eine kleinere Anzahl von Grundformen beschränken kann. Das Verständnis wird durch jenes Vorgehen offenbar nicht gefördert, sondern es ist im Gegenteil infolge dessen manche irrtümliche Auffassung entstanden, und manche umfängliche Diskussion wäre vielleicht vermieden worden, wenn man sich zunächst nur an wenige, wirklich wesentliche Unterscheidungsmerkmale gehalten, diese entsprechend scharf betont und dadurch erst aus der reichen Fülle waldbaulicher Formen einige grosse Hauptgruppen gebildet hätte, deren weitere Zerlegung einem vorgeschritteneren Stadium wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Erkenntnis vorzubehalten gewesen wäre. Manche Schriftsteller fürchten, wie es scheint, durch eine solche Beschränkung bei dem Lernenden die Meinung zu erwecken, als ob man es im Walde wirklich nur mit einer geringen Zahl bestimmt zu charakterisierender Formen zu tun habe; man scheute die Schablone, die ja sicherlich wenn irgendwo so namentlich in waldbaulichen Dingen zu meiden ist. Und doch wird man zunächst mit einer kleinen Reihe von Grundformen auskommen können; weitergehende Scheidungen lassen sich jederzeit leicht anschliessen.

Erstes Kapitel.

Uebersicht und allgemeine Würdigung der als Grundformen zu betrachtenden Betriebsarten.

I. Uebersicht.

§ 73. A. Hochwald (Samenholzbetrieb):

Das Bestandesmaterial sind Kernwüchse, d. h. Bäume, welche sich aus Samen entwickelt haben; die Funktionsdauer des einzelnen Individuums ist mit dessen Abtrieb zu Ende[220]); jedes Individuum wird nur einmal Gegenstand der Nutzung (Durchforstung oder Haubarkeitsnutzung[221]).

Die Hochwaldbetriebsarten lassen sich zunächst unterscheiden nach der Dauer der Verjüngung eines Bestandes in

1. Plenter- oder Femelbetrieb[222]): Die Verjüngung erstreckt sich über

220) Fortvegetieren im Boden verbleibender Stöcke während des folgenden Umtriebs bleibt insofern unbeachtet, als man bei der Begründung des neuen Bestandes die etwa erwachsenden Ausschläge nicht grundsätzlich einbezieht, wenn denselben auch da und dort aus bestimmten Gründen (Holzartenmischung, Bodenschutz u. s. w.) eine Stelle gegönnt wird.

221) Fänden Aufastungen statt, so erfolgt der bezügliche Holzanfall nur im Interesse der Bestandeserziehung, die Wegnahme einzelner Organe geschieht hier nicht zum Zweck einer Reproduktion.

222) Plenter- oder Plänterbetrieb, zusammenhängend mit blenden, to blander, nicht

die ganze Fläche unter Benutzung aller eintretenden Samenjahre, infolgedessen in jedem Bestande, in gruppen- oder horstweiser oder einzelständiger Anordnung, alle Altersklassen vorhanden sind, wenn auch nicht in Repräsentanten jedes einzelnen Jahres, so doch in solchen kleinerer (je nach Wiederkehr der Mastjahre und des Hiebs in den nämlichen Schlag verschiedener) Perioden: eigentlicher Femelbetrieb.

Bei 120jährigem Umtrieb, d. h. bei Annahme von 120 Jahren als demjenigen Alter, welches normal die älteste Stammklasse erreichen soll, wären also beispielsweise 5, 10, 15, 20 . . — 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120jährige Individuen vorfindlich; die Intervalle können grösser oder kleiner sein; sie brauchen überdies nicht gleich gross zu sein; tatsächlich sind sie fast immer verschieden; charakteristisch ist aber immer, dass Jungwüchse, mittelalte Stämme, Althölzer in dem nämlichen Bestande angetroffen werden; dementsprechend ist das Kronendach da und dort unterbrochen, keinenfalls in annähernd gleicher Höhe über dem Boden nur eine Etage bildend. Bis alle Individuen des jetzt vorhandenen Bestandes genutzt sind, verfliesst bei normalem Verlauf der Nutzung die ganze Umtriebszeit; erst nach deren Verlauf ist, obwohl die Verjüngung fortwährend im Gang ist, ein in allen seinen Teilen neuer Bestand vorhanden.

2. Hochwaldformen, bei welchen die Verjüngung immer nur die ältesten Abschnitte der Waldfläche umfasst und daher nur einen Teil der Umtriebszeit beansprucht: Schlagbetriebe.

Dieselben zerfallen je nach der Art der Verjüngung in solche, welche grundsätzlich ungleichalterige, und solche, welche gleichalterige Bestände schaffen wollen.

a) Femelschlagbetrieb[223]): Die Verjüngungsdauer umfasst eine, je nach Holzart, Standort und speziellem Wirtschaftszweck (bezw. Waldbehandlung) bald längere, bald kürzere Reihe von Jahren. Wesentlich ist, dass die Verjüngung nicht unter Benutzung eines einzigen Samenjahres gleichmässig durch die ganze Abteilung hin in Angriff genommen und fortgeführt wird, sondern dass die bezüglichen Operationen an verschiedenen Punkten des Bestandes eingeleitet werden, während zwischenliegende Partien zunächst noch unberührt bleiben. Durch das allmähliche Fortschreiten der Verjüngung wird ein ungleichalteriger Jungbestand erzielt.

Wie viel Zeit die Verjüngung des ganzen Bestandes erfordert, ist für die Methode an sich ohne Belang, obwohl das entstehende Bestandesbild dadurch natürlich wesentlich beeinflusst wird. Man findet lange und kurze Verjüngungszeiträume; über die halbe Umtriebszeit wird dabei wohl kaum hinaus gegangen, also z. B. bei 120jährigem Umtrieb ein Tannenbestand in längstens 60 Jahren vollständig verjüngt. Der Bestand hat ein femelartiges Ansehen, besonders während der Verjüngungsdauer, insofern stets die der Länge des Verjüngungszeitraumes entsprechenden Altersstufen in demselben vorhanden sind, also in einem derart begründeten Tannenbestande 30—90jährige Bäume oder, so lange die Verjüngung im Gang ist, Altholzgruppen, sowie gleichzeitig wieder Jungwüchse angetroffen werden. Der Unterschied vom eigentlichen Femelwald springt in die Augen; es fehlen die Zwischenglieder der Altersreihe; ist die Verjüngungsdauer = a Jahre, so ist bei der Umtriebszeit = u in jedem Stadium der Bestandesentwickelung ein Zeitraum von u—a Jahren nicht durch Stämme vertreten.

b) Schirmschlagbetrieb: Auch hier wird die Verjüngung in einer längeren oder kürzeren Reihe von Jahren vollzogen, aber die auf dieselben abzielenden Wirtschaftsoperationen erstrecken sich, da wenn möglich mit einem Samenjahr die Betriebsfläche besamt werden soll, gleichmässig über den ganzen Bestand, so dass der normale Bestand stets ein durch seine ganze Erstreckung hin gleichartiger ist, und auch, wenn anders die Besamung in kürzester Frist vollständig erfolgt, ein ganz oder an-

von planta herzuleiten. — Femelbetrieb von femella, bezw. vom Ausfemeln, d. h. Entfernen der (vermeintlichen) Femellae beim Hanf übertragen.

223) Horst- und gruppenweise Verjüngung Gayers; vergl. dessen „Der gemischte Wald" S. 68 ff.

nähernd gleichalteriger neuer Bestand heraufwächst. Diesen Betrieb nennt man in Bayern die Dunkelschlagwirtschaft.

Während beim Femelschlagbetrieb der Verjüngungszeitraum nicht allein von dem, längere oder kürzere Zeit hindurch andauernden Belassen der Mutterbäume im Bestande, sondern namentlich auch von der im Belieben des Wirtschafters liegenden rascheren oder langsameren Ausbreitung des Verjüngungsprozesses über alle Bestandespartien abhängig ist, entscheidet für die Verjüngungsdauer beim Schirmschlagbetrieb nur das Tempo, in welchem man mit den Vorlichtungen und demnächst nach erfolgter Besamung mit Abräumung der Oberständer vorgeht, bezw. vorgehen muss. Wie viel Zeit hierfür nötig wird, ist wiederum für die Methode an sich gleichgiltig.

c) Kahlschlagbetrieb: Die Verjüngung erfolgt, nachdem der Bestand auf der Fläche kahl abgetrieben ist, in einem Jahre. Es erwächst ein gleichalteriger, gleichmässiger Jungbestand.

Wenn tatsächlich manchmal zwei oder mehrere Jahre bis zur Neubegründung eines Bestandes vergehen, so tragen sekundäre Umstände, welche mit dem Wesen der Methode in keinem Zusammenhang stehen, wie z. B. Unmöglichkeit raschen Rodens, Insektengefahr (Rüsselkäfer) u. dergl. die Schuld. Ein einziger Hieb (Kahlabtrieb) räumt den Altholzbestand hinweg; danach kann sich die Begründung des neuen Bestandes unmittelbar anreihen. In kürzester Frist könnte sich also der Vorgang (Fällung, Abfuhr, Saat oder Pflanzung) im Verlauf etwa eines halben Jahres abspielen, was wirtschaftlich immerhin als ein einjähriger Zeitraum (eine Zuwachsperiode) aufzufassen wäre.

Beim Kahlschlagbetrieb finden sich (von Ueberhältern für den nächsten Umtrieb abgesehen, welche aber zur Verjüngung in keiner ursächlichen Beziehung stehen) niemals Altholz und Jungwüchse, somit auch nicht gleichzeitige Zuwachsbildung am alten und neuen Vorrat auf der nämlichen Fläche, ein Umstand, durch welchen sich derselbe sehr scharf vom Femelschlag- und Schirmschlagbetrieb unterscheidet, bei welchen stets während des Verjüngungszeitraumes Teile des alten und neuen Bestandes gleichzeitig vorhanden sind.

Alle etwa sonst im Hochwald vorkommenden Formen sind nur als Modifikationen der vorstehend in ihren Hauptmerkmalen charakterisierten Grundformen zu betrachten, als Uebergänge, die sich zwischen dieselben einschieben, mit engerer oder minder enger Anlehnung nach der einen oder anderen Seite, zum Teil in Verbindung mit sekundären Massnahmen (Unterbau u. s. w.), durch welche allerdings oft sehr eigenartige Bestandesbilder geschaffen werden.

So z. B. ist es nur eine Modifikation des Kahlschlagbetriebes, wenn ein vorübergehender Ueberhalt zur Beschirmung der auszuführenden Kultur gegen Frost oder Sonnenhitze, wohl auch zur Verminderung der Stockausschläge belassen wird. Eine solche Schlagführung nennt man „Schutzschlag", oder wohl auch „Schirmschlag". Dadurch, dass an dieser Stelle der Femelschlagbetrieb als besondere Betriebsart von dem Schirmschlagbetrieb getrennt wird, entsteht ein gewisser (jedoch nur scheinbarer) Widerspruch zum zweiten Abschnitt (2. Kapitel, A, II, 2), woselbst bei Schilderung der nat. Verjüngung durch Samen nur die zwei Grundformen: Schirmschlag und Femelbetrieb unterschieden sind. Streng genommen lassen sich in der Tat auch nur diese beiden Formen festhalten. Der Femelschlagbetrieb zerfällt nämlich, sobald man den Horst oder die Gruppe als wirtschaftliche Einheit betrachtet, — was grundsätzlich gewiss zulässig ist, — in eine Anzahl von kleinen Schirmschlagbetrieben. Da wir jedoch gewohnt sind, — aus Zweckmässigkeitsgründen und doch auch infolge einer gewissen Berechtigung im Sinne der Logik — die von der Waldeinteilung geschaffenen Wirtschaftsfiguren, wie Abteilungen und Unterabteilungen etc., auch in Absicht auf waldbauliche Behandlung als Ganze zu betrachten, so mag hier, wo nicht die Einzeloperation, sondern der Betrieb in Frage steht, jene Trennung durchgeführt und der Femelschlagbetrieb als dritte Form der Samenverjüngung durch auf der Fläche stehende Mutterbäume behandelt werden. Bestimmend wirkt dabei besonders auch der Wunsch mit, es möchte tunlichste Einheitlichkeit der Definierung erreicht und damit das Verständnis gefördert werden. Gayer hat in seiner Schrift „Der gemischte Wald" für das, was von mir nun als „Femelschlagbetrieb" charakterisiert ist, die Bezeichnung „horst-

und gruppenweise Verjüngung" gewählt, weil er sich vor der Verwechselung mit dem Femelschlagbetrieb Heyers (= unserem Schirmschlagbetrieb) scheut. Ich möchte dies nicht gerade als zwingenden Grund ansehen, die Bezeichnung Femelschlagbetrieb ganz zu meiden, da die Sache, um welche es sich handelt, doch so scharf gekennzeichnet ist, dass Missverständnisse m. E. kaum zu erwarten sind. — An der früheren Stelle (im zweiten Abschnitt) war die spezielle Hervorhebung des „Femelschlagbetriebs" neben dem „Schirmschlag" jedenfalls nicht erforderlich, da die Kritik der einzelnen waldbaulichen Massnahme von der Wirtschaftsfigur unabhängig ist.

B. Ausschlags-Waldungen.

Die Nutzung erstreckt sich nur auf oberirdische Teile des Individuums; dessen Funktion ist mit der einmaligen Nutzung nicht zu Ende, sondern dasselbe erzeugt Ausschläge, durch welche die Neubegründung des Bestandes erfolgt.

1. Niederwald- oder Stockschlagbetrieb: Bei der Ernte wird die gesamte oberirdische Holzmasse genutzt, so dass nichts als der Stock mit den Wurzeln verbleibt. Stockausschläge und eventuell Wurzelbrut bilden den jungen Bestand. Ein im jährlichen Nachhaltbetrieb befindlicher Niederwald hat eine der Umtriebszeit entsprechende Anzahl von einzelnen Flächen, bezw. Beständen, in Altersabstufung von je 1 Jahr.

2. Kopfholzbetrieb: Ein Teil des Schaftes bleibt stehen, am oberen Ende desselben entwickeln sich Ausschläge, welche der Gegenstand der folgenden Nutzung sind. Bei öfterer Wiederholung derartiger Nutzung bilden sich am Schaftende Wülste, wodurch dasselbe kopfartig verdickt wird.

3. Schneitelholzbetrieb: Der ganze Schaft bleibt erhalten, die Nutzung besteht in den Aesten, an deren Abhiebsstellen Ausschläge hervortreiben; dieselben liefern die Holzmasse für den nächsten Hieb.

C. Mittelwald (Kompositionsbetrieb).

Der Bestand besteht aus zwei Teilen, nämlich einem als Niederwald behandelten Unterwuchs und hochstämmig erwachsenden Oberständern, welche entweder aus Lassreiteln des Unterstandes hervorgehen oder als Kernwüchse (meist durch Pflanzung) eingebracht werden. Jedem Unterholzabtrieb entspricht in Gestalt der stehenbleibenden Stangen, sowie eventuell der nach dem Unterholzhieb jeweilig eingebrachten Kernpflanzen eine besondere Oberholzklasse.

Ein im jährlichen Nachhaltbetrieb stehender normaler Mittelwald würde entsprechend dem Unterholzumtrieb u und dem höchsten Alter U, welches das Oberholz erreichen soll — (wobei, infolge der Art, wie das Oberholz entstanden ist, U stets ein Vielfaches von u ist und $\frac{U}{u} - 1 = n$ die Zahl der Oberholzklassen angibt, da die Lassreitel, welche nach einem Abtrieb des Unterholzes zum Oberholz übertreten, vor diesem Abtrieb noch dem Unterholz angehören) —, folgendes Bild bieten:

Wir haben u Flächenteile, bezw. Schläge (im Normalwald gleichwertig in ihrer Ertragsleistung). Dieselben sind unmittelbar vor einem Hieb bestockt mit

a) 1-, 2-, 3- . . . . ujährigem Unterholz

b) je mit den nOberholzklassen, welche z. B. für den Schlag mit ujährigem Unterholz 2u-, 3u- . . . nu-, $(n + 1)u = U$jährige Stämme
und für den Schlag mit 1jährigem Unterholz
$(u + 1)$-, $(2u + 1)$-, ... $(nu + 1)$jährige Stämme enthalten.

Die Zahl der Stämme in den einzelnen Oberholzklassen bildet eine abnehmende Reihe, sofern sich die ursprünglich in beträchtlicher Menge übergehaltenen Lassreitel stetig vermindern. Denn sowohl die Entwickelung der einzelnen Oberholzstämme, als die Rücksicht auf kräftiges Erwachsen genügender Unterholzmengen fordert es, dass bei jedem Hieb des Unterholzes nicht nur gleichzeitig die älteste Oberholzklasse genutzt, sondern auch in die übrigen Oberholzklassen eingegriffen wird, indem man nutzholzuntaugliche Stämme entfernt und einen zu dichten Stand des Oberholzes ermässigt. In welchem Betrage dabei die Stammzahlen im einzelnen reduziert werden, ist von einer grossen Reihe so sehr wech-

selnder Umstände (Holzart, Standort, Wirtschaftszweck, bezw. stärkere Betonung bald des Oberholzes, bald des Unterholzes u. s. w.) abhängig, dass dafür auch nicht entfernt irgend welche allgemeine Norm aufgestellt werden kann. Ueberhaupt zeigt der Mittelwald, bedingt durch Art, Menge und Verteilung des Oberholzes, wohl die vielfältigst abgeänderten Formen.

II. Würdigung.

§ 74. Vorbemerkungen. Abgesehen von Schutzwaldungen und etwa besonderen Zwecken des Waldbesitzers (Wildpark etc.) ist die Wertschätzung einer Betriebsart in erster Linie von deren Nutzeffekt abhängig; daneben können unter bestimmten lokalen Verhältnissen und entsprechend den früher bei der Kritik der einzelnen wirtschaftlichen Operationen gelegentlich hervorgehobenen besonderen Momenten auch noch sonstige Umstände, wie z. B. Gewährung gewisser Nebennutzungen (Streu für die Landwirtschaft) oder von Arbeitsgelegenheit in Betracht kommen. Bei der Beurteilung des Nutzeffekts sind alle Faktoren zu einem Gesamtergebnis zu vereinigen, jeder einzelne richtig veranschlagt und gewürdigt: Rauhertrag, durch Masse und Wert pro Masseneinheit der einzelnen Nutzungen gegeben; Produktionskapitalien vorzugsweise als Boden und (im Nachhaltbetrieb) als Holzvorrat; laufende oder einmalige Ausgaben als Verwaltungskosten, Steuern, Aufwendungen für Kultur, Wegebau, Holzernte u. s. w. Selbstredend ist die Zeit der Einnahmen und Ausgaben von Bedeutung. Für die Bemessung der Nutzeffekte verschiedener Wirtschaftsverfahren ist im Sinne der forstlichen Statik die Bodenrente, bezw. der Bodenerwartungswert massgebend.

Bei Beurteilung der verschiedenen Betriebsarten ist auch deren Einfluss auf den Boden wesentlich mit massgebend, sofern die dauernde Erhaltung, bezw. Steigerung des Produktionsfaktors „Bodenkraft“ wesentlichste Bedingung aller Nachhaltigkeit ist. Immerhin aber ist eine einseitige, in dieser Richtung etwa zu weit gehende Wertschätzung zu vermeiden. Ein richtiges Urteil wird gewonnen, wenn man, wie vorstehend gefordert wurde, stets das Gesamtergebnis des Wirtschaftsbetriebs ins Auge fasst.

A. Hochwald:

§ 75. Im Wesen des Hochwaldbetriebs, wenn auch nicht grundsätzlich durch dasselbe bedingt, liegt es, dass derselbe mit höherem Umtrieb behandelt wird[224]). Aus diesem Umstande hauptsächlich ergeben sich hinsichtlich der wirtschaftlichen Leistung die Unterschiede gegenüber dem Ausschlagswald und dem Mittelwald. Bei letzterem steht nur das Oberholz in höherem Umtrieb, während das Unterholz meist in kurzen Zwischenräumen (von 6—20 Jahren) abgetrieben wird; bei den Ausschlagswaldungen kommt überhaupt nur ein niederer Umtrieb (von 1jährigem bei Flechtweiden bis etwa 30jährigem bei Erlen) in Betracht.

Jene Unterschiede treten am klarsten zu Tage, wenn man zunächst die beiden extremen Formen: Hochwald und Niederwald vergleicht.

Folge des höheren Umtriebs ist beim Hochwald zunächst die seltenere Sorge für Neubegründung eines Bestandes auf der nämlichen Fläche. Dagegen muss aber derjenige Waldbesitzer, welcher nicht anders als in aussetzendem Betrieb wirtschaften kann, länger auf einen Abtriebsertrag warten und empfängt nur in Gestalt der Zwischen- und etwaigen Nebennutzungen mehr oder minder belangreiche Abschlagszahlungen. Soll ein jährlicher Betrieb durchgeführt werden, so bedarf es in den meisten Fällen — (beim Femelbetrieb nicht) — einer relativ (im Verhältnis zur Umtriebszeit stehend) grossen Fläche, damit der einzelne Jahres- oder Periodenschlag noch eine für die erfolgreiche wirtschaftliche Behandlung genügende Grösse erhält. Unzertrennlich mit dem höheren Umtrieb verbunden ist für den Nachhaltbetrieb das grössere Holzvorratskapital, mit

224) Ausnahme z. B. die Anzucht von Weihnachtsbäumchen auf besonderen Flächen.

welchem der Hochwald arbeitet, ein Umstand, welcher an sich, d. h. immer dann, wenn er nicht durch andere Momente paralysiert wird, eine geringere Rentabilität bedingt. Auch ist der Hochwald manchen Gefahren mehr ausgesetzt als der Niederwald; doch ist dieser Nachteil nur teilweise auf den Unterschied im Umtrieb, grossenteils aber auf die Verschiedenheit der Holzart, namentlich das gänzliche Fehlen der Nadelhölzer im Niederwaldbetrieb zurückzuführen.

Auf der anderen Seite wiederum ist der Hochwald für alle Holzarten tauglich, liefert bei entsprechend hohem Umtrieb alle verschiedenen Sortimente, ist somit geeignet, alle Anforderungen des Holzmarktes zu befriedigen, bietet in dem grösseren Vorrat eine oft willkommene Gelegenheit zur Kapitalanlage und gewährleistet, wenn richtig geleitet, wegen der selteneren Wiederkehr der Abtriebsnutzung die vollständigere Erhaltung der Bodenkraft. Dass der Hochwald auch die absolut höchsten Massenerträge liefere, darf wohl angenommen werden, wenn auch keine Zahlen zur Vergleichung mit anderen Betriebsarten, insbesondere dem Mittelwald vorliegen. Es ist von vornherein zu vermuten, dass er in dieser Hinsicht dem letzteren, ebenso dem Niederwald überlegen ist, da in diesen Betrieben viele Holzmassen in jüngerem Alter, in welchem der durchschnittliche Zuwachs noch weit unter seinem Kulminationspunkt steht, abgenutzt werden. Entgegenstehende Zahlen, welche die höheren Massenerträge des Mittelwaldes dartun sollen, beruhen in der Regel darauf, dass ein Ertrag desselben zu Grunde liegt, welcher über den normalen Durchschnitt hinausgeht, wie es bei Abnutzung ungewöhnlicher Aufspeicherungen von Oberholz leicht vorkommen kann.

Bei den einzelnen Hochwaldformen machen sich vorstehend angedeutete Vor- und Nachteile in sehr verschiedenem Masse geltend.

1. Plenter- oder Femelbetrieb[225]):

Als Vorzüge desselben müssen geltend gemacht werden: die Möglichkeit, höhere Abtriebsalter in nachhaltiger Wirtschaft mit jährlichen Erträgen auch auf kleiner Fläche einzuhalten; ferner die weitestgehende Sicherung der Bodenkraft (gegeben namentlich in entsprechender Bodenfrische), weil niemals Bodenstellen in grösserem Umfang völlig blossgelegt werden; sodann die Gewährung eines bedeutenden Lichtungszuwachses schon in einem verhältnismässig frühen Stadium der Baumentwickelung. Dabei werden die Stämme, weil schon bald mehr freiständig erwachsend, widerstandsfähiger gegen Sturm und Schneebruch, wie denn alle einem ungleichmässigen Kronendach nachgerühmten Vorteile im Femelwald in besonderem Masse angetroffen werden müssen. Für gefährdete Gebirgslagen, Schutzwaldungen etc. ist der Femelbetrieb die geeignetste, ja oft einzig zulässige Wirtschaftsform.

Dagegen beschränkt sich die Anwendbarkeit desselben auf nur wenige Holzarten, die eigentlichen Schattenhölzer Tanne, Buche, allenfalls Fichte; denn alle Jungwüchse müssen mehr oder minder im Druck heraufwachsen, also die Fähigkeit haben, sich mindestens in starkem Seitendruck längere Zeit entwickelungskräftig zu erhalten. Dem vorerwähnten starken Lichtungszuwachs steht mithin eine (je nach den Umständen verschiedene) Einbusse an Zuwachs in der Jugend gegenüber; die Wirtschaftsführung hat diese möglichst zu reduzieren, kann dieselbe aber begreiflich niemals ganz vermeiden. — Die Fällung und Holzbringung ist erschwert — (geübte Holzhauer wissen übrigens diesen Nachteil auf ein geringeres Mass zu beschränken, als der Uneingeweihte meinen sollte!) —; die Bäume werden grossenteils weniger astrein als im

225) Vergl. Fürst, „Plänterwald oder schlagweiser Hochwald". Berlin 1885. — Schuberg, Schlaglichter zur Streitfrage: „schlagweiser Hochwald- oder Femelbetrieb" (Forstw. Zentralbl. v. 1886, S. 129, 194). — Vonhausen, „Der schlagweise Hochwaldbetrieb und der Femelbetrieb" (Allg. F. u. J.Z. 1882, S. 289).

geschlossenen Bestand; endlich kann nicht bestritten werden, dass der ganze Betrieb, weil ein mehr zersplitterter, mit seinen Operationen über einen grösseren Teil des ganzen Waldes sich erstreckender, weniger übersichtlich ist, der sicheren Ertragsbestimmung, der Buchführung etc. grössere Schwierigkeiten bietet. Endlich ist nicht zu verkennen, dass der Femelbetrieb nur auf den besseren Standorten, auf welchen die Jungwüchse eine Beschattung durch die älteren Stammklassen ohne dauernden Nachteil ertragen, zulässig ist.

So wenig in der geringeren Uebersichtlichkeit, sowie in der durch den Betrieb etwa geforderten grösseren Intelligenz und Arbeitsleistung der Beamten bei der Schlagauszeichnung, Beaufsichtigung des Fällungsbetriebs u. s. w., ein Hindernis für die Durchführung erblickt werden darf, so wäre es doch verfehlt, wollte man nicht in der grösseren Einfachheit anderer Betriebsarten einen immerhin erwähnenswerten Vorzug derselben anerkennen.

2. Femelschlagbetrieb[226]).

Dadurch, dass die gleichförmige Hiebsführung und Schlagstellung vermieden, vielmehr den einzelnen Nachbar-Horsten und Gruppen grundsätzlich verschiedenes Alter gewährt wird, soll insbesondere bei gemischten Beständen die Erhaltung der verschiedenen Holzarten (z. B. vorwüchsige, durch Voranbau entstandene Eichenhorste in dem später begründeten Buchenbestand) gesichert werden. Die Altersdifferenz der Horste ist bedingt durch die verschiedene Wuchskraft der Holzarten. Aber auch bei reinen Beständen soll der Betrieb vor dem Schirmschlag infolge des ungleichförmigen, aus mehreren Etagen bestehenden Kronendaches wesentliche Vorzüge haben und zwar besonders rücksichtlich der Bodenpflege, da eine zwischentretende, nachteilige Vegetation von Gras und Kräutern nach Möglichkeit ausgeschlossen erscheint; ferner sollen die Jungwüchse in den Löchern besser befeuchtet werden, sowie auch die Gefährdung derselben bei der Holzernte eine geringere ist. Ob und in welchem Betrage der Betrieb grössere und namentlich wertvollere Massen erzeugt als ein anderer, insbesondere als ein richtig geleiteter Schirmschlagbetrieb, dessen Bäume frühzeitig aus dem Zustande starker Kronenspannung befreit werden, ist noch nicht genügend untersucht.

Der Femelschlagbetrieb tritt in Konkurrenz hauptsächlich mit dem Schirmschlag- und dem Kahlschlagbetrieb. Er ist im allgemeinen für alle Holzarten zulässig, welche nicht so ausgesprochene Lichthölzer sind, dass sie jeden Schirmdruck oder alle Seitenbeschattung auch in der Jugend verbieten. Die Verbindung mit Kahlabsäumungen und künstlichem Anbau ist nicht ausgeschlossen, vielmehr öfters geboten.

3. Schirmschlagbetrieb:

Der Betrieb findet, wie wir früher gesehen haben, in der natürlichen Verjüngung durch Samenabfall (Mutterbäume auf der Fläche) Ziel und Begründung, sofern man nicht den reinen Plenterbetrieb wählen will oder wählen kann, was doch nur bei ganz entschiedenen Schattenhölzern möglich ist, während für den Schirmschlag, wie bei dem Femelschlagbetrieb, bedingungsweise auch etwa noch Kiefer und Eiche in Frage kommen können.

---

226) Hier insbes. zu vergleichen Gayers: „Der gemischte Wald", sowie Gayer, „Ueber den Femelschlagbetrieb und seine Ausgestaltung in Bayern" 1895, ferner Bericht über die 19. Versammlung deutscher Forstmänner in Kassel 1893, S. 17. „Die wirtschaftliche und finanzielle Bedeutung des horst- und gruppenweisen Femelschlagbetriebes im Hochwald", sowie Bericht über die II. Hauptversammlung des deutschen Forstvereins in Regensburg (1901) S. 106: „Beruht in dem Femelschlagverfahren, sowie in der Kombination desselben mit dem Saumschlagverfahren das vorzüglichste Mittel, Mischbestände in sicherster und vollkommenster Weise zu erziehen?" „Wirtschaftsregeln für die Kgl. Bayerischen Forstämter Kehlheim-Nord und Süd" herausgegeben von der Kgl. Ministerial-Forstabteilung (den Mitgliedern der Forstversammlung zu Regensburg gewidmet).

Der Boden wird niemals blossgelegt, wohl aber wird dadurch, dass man den ganzen Bestand gleichmässig durchlichtet (Vorbereitungshieb, Samenschlag), die Entstehung einer leichten Bodenbenarbung eher ermöglicht als bei dem, mit einzelnen kleinen, unzusammenhängenden Bestandespartien operierenden Femelschlagbetrieb. Keineswegs bedeutet dies aber schon eine entschiedene Schädigung der Bodenkraft, wenn nur bei den betreffenden Hieben stets mit der nötigen Vorsicht verfahren wird. Allerdings entsteht grundsätzlich ein gleichförmiger Bestand. Ein solcher an sich wäre nur dann zu beanstanden, wenn durch ihn den Rücksichten der Bodenpflege nicht genügend entsprochen werden könnte. Ausdehnung des Verjüngungszeitraumes bietet auch bei diesem Betrieb die Möglichkeit länger andauernden Lichtungszuwachses. Das Zusammenfassen mehrerer Jahresschläge in einen Periodenschlag gestattet die Durchführung des jährlichen Nachhaltbetriebs auf kleinerer Gesamtfläche als beim Kahlschlagbetrieb; freilich ist der reine Femelbetrieb in dieser Hinsicht nicht zu erreichen. Dagegen ist die Uebersichtlichkeit im Schirmschlagbetrieb grösser als im Femelwald und auch als im Femelschlagbetrieb.

4. Kahlschlagbetrieb.

Der wesentlichste Vorzug desselben ist seine Einfachheit und Uebersichtlichkeit, sowohl im Hinblick auf die Operationen des Waldbaues (Unabhängigkeit von der zufälligen Beschaffenheit des Altbestandes, dem Eintritt von Mastjahren etc.) und der Holzernte einschl. Holzbringung (Hiebsführung zu beliebiger Jahreszeit, ohne Rücksicht auf Jungwuchs etc.), als auf die Massnahmen der Forsteinrichtung und Wirtschaftskontrolle. Voraussetzung ist aber, dass die Holzart für die Nachzucht im Freien (künstlicher Anbau oder Besamung durch Randbäume) geeignet ist, und dass eine Gefährdung der Bodenkraft nicht befürchtet werden muss. Der Betrieb ist also von vornherein nicht zu wählen für Tanne und Buche, obwohl er auch für diese Holzarten aushilfsweise da und dort einzutreten hat. Bezüglich der Bodenkraft werden dem Kahlschlag die grössten Vorwürfe gemacht. Unzweifelhaft ist das zeitweilige Blosslegen des Bodens kein Gewinn (Verschlechterung insbes. der physikalischen Bodeneigenschaften, Humusverflüchtigung etc.), es sei denn, dass der Nachteil durch die Vorteile nachfolgender Bodenbearbeitung (Roden im Waldfeldbau, Rabattenkultur in nassem Terrain u. dergl.) paralysiert würde. Immerhin aber tritt im Hochwaldbetrieb jenes vollständige Entblössen des Bodens nur in grossen Zwischenräumen (Umtriebszeit) ein und dürfte kaum als so unbedingt verderblich erachtet werden, wie es ab und zu hingestellt wird, wenn nur durch sofort nachfolgende tüchtige und gründliche Kultur der Boden rasch wieder gedeckt wird: allerdings eine nicht immer leicht zu erfüllende Bedingung, zumal ausser den zunächst entscheidenden Witterungseinflüssen oft auch Insekten (Maikäfer, Rüsselkäfer u. a. m.) auf den Kahlflächen in verderblicher Weise auftreten, sowie Unkräuter im Uebermass sich einstellen, so dass dadurch die Entstehung eines genügend geschlossenen Jungbestandes auf Jahre hinaus vereitelt werden kann. Gegen derartig widrige Einflüsse muss man sich möglichst sichern, indem man zu grosse und namentlich von Jahr zu Jahr aneinandergereihte Kulturflächen vermeidet, die Art der Kultur richtig wählt und für genügende Pflege derselben sorgt.

Tatsächlich sind mittelst des Kahlschlagbetriebs und nachfolgender künstlicher Kultur auf weiten Strecken vortreffliche Bestände begründet worden (bes. Fichte, Kiefer, Eiche etc.), und obwohl zweifelsohne da und dort auf grossen Flächen auch entschiedene Misserfolge zu verzeichnen sind, so sind diese doch nicht alle als unvermeidliche Folgen des Betriebs an sich zu charakterisieren, sondern sicherlich teilweise auf wirtschaftliche Fehler oder auf Ungunst des Standortes zurückzuführen. Jedenfalls sind die Beweise, welche zu gunsten des Betriebs erbracht werden können, mindestens ebenso zahlreich, als die gegenteiligen, so dass es — zugegeben eine hie und da über Gebühr beträchtliche Aus-

dehnung desselben — doch nicht gerechtfertigt ist, den Kahlschlag ganz allgemein zu bekämpfen, bezw. auch für diejenigen Fälle zu verwerfen, in welchen er unleugbar guten Erfolg sichert. Man könnte wohl die Frage stellen, ob daselbst nicht durch Schirmschlag oder Femelschlag der gleiche waldbauliche Erfolg erzielt worden wäre? Bejahendenfalls würde dann ein zwingender Grund für den Kahlschlag nicht vorhanden gewesen sein. Aber es blieben dann doch die anderen, zu gunsten desselben angeführten Momente in Kraft. Und für viele Fälle ist überdies die Freilandkultur sicherer. Wer freilich überhaupt einen gleichmässigen Bestand (auch den gleichförmigen Schirmschlag) nicht billigen kann, muss sich gegen Kahlschlag bedingungslos abweisend verhalten, mindestens ihn nur als Ausnahme zulassen. Aber es sind nur wenige, welche so einseitig eine bestimmte waldbauliche Richtung vertreten möchten; vielmehr begegnen sich mit wenig Ausnahmen[227]) alle bedeutenderen neueren Schriftsteller auf dem Gebiete des Waldbaues in dem fortwährenden Hinweis darauf, dass starres Verfolgen von Extremen zu vermeiden und jeder Betriebsart, je nach den örtlichen Bedingungen, ihre Stelle einzuräumen sei. Dies gilt natürlich, wie es jetzt anlässlich der Würdigung verschiedener Hochwaldformen ausgesprochen ist, nicht minder von allen übrigen Betriebsarten. Für die Wahl des einen oder des anderen Verjüngungsverfahrens ist der Standort von ausschlaggebender Bedeutung. Ein Generalisieren zu gunsten eines bestimmten Betriebes ist unzulässig.

B. Ausschlagswald.

§ 76. Charakteristisch ist, wie oben schon hervorgehoben wurde, der meist niedrige Umtrieb, also bei Neuanlagen frühzeitige erstmalige Abtriebsnutzung, häufige Wiederkehr der Ernte auf der nämlichen Fläche, Kahlabtrieb, d. h. jedesmal Blosslegung des Bodens und damit Gefährdung seiner Kraft, wenn auch (in normalen Verhältnissen) rasche Wiederdeckung desselben durch die Ausschläge. Meist wertvolle Erträge in Verbindung mit einem verhältnismässig kleinen Produktionskapital (geringer Holzvorrat des niederen Umtriebs) sichern eine hohe Rentabilität. Dazu kommt die Möglichkeit jährlicher Nachhaltwirtschaft auf kleiner Gesamtfläche. Ueberdies meist geringe Bedrohung von aussen (durch Schnee, Sturm, Insekten etc. — höchstens durch Frost häufiger geschädigt). Das Beschränktsein auf ausschlagsfähige Holzarten kann als ein Mangel angeführt werden; ferner muss die Lieferung nur einer geringeren Auswahl von schwächeren Sortimenten als ein solcher empfunden werden, obwohl andererseits im Ausschlagswald auch manche Nutzungen anfallen, welche der Hochwald gar nicht oder doch nicht in gleicher Güte zu bieten hat, wie z. B. die Lohrinde.

1. Niederwald.

Dieser kommt von den Ausschlagswaldungen als Betriebsart, die im Grossen angewendet wird, fast allein in Betracht, und gelten für ihn alle vorstehend angeführten Momente. Sehr niedrige Umtriebe (Anzucht von Flechtweiden) sind selbst auf ganz gutem Standort nur bei entsprechender Bodenbearbeitung, event. Düngung dauernd leistungsfähig; selbst die höheren (z. B. Eichenschälwald) fordern sorgsamste Bestandes- und bezw. Bodenpflege. Grösste Einfachheit und Uebersichtlichkeit (reine Schlageinteilung) der gesamten Wirtschaftsführung.

2. Kopfholzbetrieb.

Meist nur in Flussniederungen (Bandweiden) als besonderer Betrieb in grösserem Umfang. Schutz gegen Wasser, Eis etc. ist dort meist das Motiv. Rücksichten der Bodenpflege zu gunsten der Holzproduktion fallen weg.

3. Schneidelbetrieb.

Meist nur in geringem Umfang, mit Einzelbäumen, mehr ausserhalb des Waldes und nicht in eigentlichen Beständen, sondern an einzelnen Stämmen.

C. Mittelwald.

§ 77. Der Betrieb ermöglicht die Anzucht sämtlicher Holzarten. Für das Unter-

227) Borggreve ist wohl am schärfsten in allgemeiner Betonung bestimmter Lehren und geht insbes. mit dem Kahlschlag scharf (m. E. viel zu scharf!) ins Gericht.

holz sind natürlich nur Laubhölzer mit bedeutender Reproduktionskraft tauglich. Aber als Oberholz lassen sich, obwohl manche und insbesondere dichtkronige Holzarten für dasselbe wegen zu starker Beschattung des Unterholzes nur schlecht taugen, doch, wenn es der Waldbesitzer wünscht, sämtliche Holzarten anbringen. Ueberdies liefert der Mittelwald alle denkbaren Sortimente. Kann er auch, in bezug auf Qualität der Oberholzstämme, mit manchen Leistungen des Hochwaldes (astreines, geradschaftiges Holz) nicht konkurrieren, so erzeugt er doch andererseits wieder manche Ware (z. B. Schiffsbauhölzer) in hervorragender Güte. Besonders ertragsreich sind viele als Mittelwälder behandelte Forste in den Niederungen unserer Flüsse (Auewaldungen), für welche sich diese Betriebsform trefflich eignet. Sie verdient aber auch insofern Beachtung, als sie eine jährliche Nachhaltwirtschaft auf kleiner Fläche gestattet und dabei doch durch den Oberholzhieb auch Nutzholz verschiedenster Art, wenn auch in beschränkter Menge, ergibt (z. B. sehr beliebte Wirtschaftsform für den oft nicht beträchtlichen Waldbesitz von Gemeinden). Die Gefahren, welche den Mittelwald bedrohen, sind im ganzen ziemlich gering.

Die Wirtschaftsführung erfordert aber viel Fleiss und Umsicht, will man nicht baldigen Rückgang der Erträge erleben[228]. Der Kahlhieb im Unterholz bedeutet — wenn auch wegen des Oberholzschirmdaches weniger wie im Niederwald — immerhin eine Gefährdung der Bodenkraft, welcher durch sorgfältige Erhaltung ausschlagskräftiger Holzarten tunlichst begegnet werden muss. Ebenso ist die richtige Auswahl, Menge, Verteilung, Pflege etc. des Oberholzes von grösster Wichtigkeit; die Rekrutierung erfolgt durch reichliches Einpflanzen von starken Pflänzlingen, namentlich Halbheistern und Heistern (Eiche, Esche, Ulme, Nadelhölzer u. s. w.) nach jedem Abtrieb des Unterholzes. Besondere Schwierigkeiten entstehen im Mittelwald für die Forsteinrichtung, soweit das Oberholz in Betracht kommt; Ertragsveranschlagungen sind ziemlich unsicher[229]. Die Erträge selbst sind begreiflich ausserordentlich verschieden[230].

Zweites Kapitel.

Modifikationen der Grundformen, Zwischen- und Uebergangsformen. Besondere Fälle.

Wie schon in den Vorbemerkungen zum vierten Abschnitte hervorgehoben worden ist und auch aus den Erörterungen früherer Abschnitte, namentlich denen über Bestandeserziehung[231] gefolgert werden konnte, darf die Anzahl der sich zwischen den Grund-Betriebsarten einschaltenden, dieselben modifizierenden, in schärferer Ausprägung sich zu gewissen eigenartigen Formen ausbildenden Betriebe füglich als eine unbe-

228) Geringwertige Mittelwaldungen finden sich zahlreich, häufig infolge nicht genügender Rekrutierung, sowie rücksichtsloser Ausübung der Gras- und Weidenutzung, wodurch die etwa sich einstellenden Naturansamungen vernichtet werden.

229) Vergl. Handbuch 3. Band, S. 391.

230) Nachweise in den statistischen Veröffentlichungen verschiedener Länder. — Vergl. z. B. auch: Vereinshefte des Elsass-Loth. Forstvereins für 1885; ferner Brecher, Aus dem Auenmittelwalde S. 64 ff., sowie Lauprecht, Aus dem Mühlhäuser Mittelwalde, Suppl. zur Allg. F. u. J.Z. VIII. Bd., 1. Heft (S. 54 ff.) von 1871. Hamm, Der Ausschlagwald 1896. Derselbe, „Leitsätze für den Mittelwaldbetrieb (F. Z.Bl. 1890 S. 392). Ueber die statische Seite des Mittelwaldbetriebs zu vergleichen Stoetzer, Die finanzielle Seite der Mittelwaldwirtschaft (Tharander Jahrbuch 1890 S. 75), ferner Schuberg: Zur Betriebsstatik im Mittelwalde 1898.

231) Zu vergl. insbes. das 5. Kapitel des 3. Abschnittes, § 61 ff.

schränkte betrachtet werden. Deshalb kann an dieser Stelle auch nur auf einige Fälle noch besonders aufmerksam gemacht werden, welche, sei es durch ihr häufigeres Auftreten, sei es durch die Art ihrer Merkmale vor anderen Beachtung verdienen dürften.

Dabei können als Modifikationen solche Formen bezeichnet werden, bei welchen die Grundform, der sie zugehören, noch klar erkennbar, bezw. nur in mehr nebensächlichen Punkten verschoben ist; als Uebergangsformen solche, welche sich zwischen zwei Grundformen einschaltend, ebensowohl der einen als der anderen zugezählt werden könnten; als besondere Fälle endlich dürften gewisse Wirtschaften namhaft gemacht werden, welche sich zwar aus einer bestimmten Grundform herausentwickeln lassen und sich noch mehr oder minder an dieselbe anlehnen, aber doch durch Einfügung irgend welcher neuer Faktoren ein entschieden abweichendes und entsprechend selbständiges Gepräge zeigen. Scharfe Trennung nach diesen drei Rubriken ist allerdings nicht möglich, vielmehr werden vielfach Zweifel darüber entstehen, ob man eine vorgefundene Wirtschaftsform da oder dort einreihen soll. Doch ist eine solche feinere Rubrizierung auch ziemlich gleichgiltig.

A. Hochwald.

§ 78. 1. Femelartiger Hochwaldbetrieb[232]):

Diese Wirtschaftsform würde als eine Vereinigung des Femelbetriebs und Femelschlagbetriebs, auch wohl dieser beiden mit dem Schirmschlagbetrieb im nämlichen Bestand aufgefasst werden können, indem sie sich — ganz nach dem jeweiligen Bedürfnis der einzelnen Bestandespartie und frei von allem schablonenmässigen Gebundensein an ein einzelnes der in den genannten Grundbetrieben verkörperten Prinzipien — bald in femelweiser, bald in mehr schlagweiser Behandlung der Gruppen und Horste äussert, stets die gesicherte natürliche Verjüngung der Bestände (wo nötig mit künstlicher Beihilfe in beschränktem Umfang) in gleicher Weise berücksichtigend, wie die Ausformung der Stämme zu möglichst starken, hochwertigen Sortimenten (intensive Auswirkung des Lichtungszuwachses). Ein solcher Betrieb passt nur für entschiedene Schattenhölzer, hauptsächlich für die Weisstanne und erscheint in seiner Durchführung zumeist als eine Konzession an die Grundsätze des Femelbetriebs, welche jedoch dahin abgeändert werden, dass nicht ein ganzer Umtrieb zur Schaffung eines neuen Bestandes an Stelle eines jetzt vorhandenen gefordert, sondern die Verjüngung in kürzerer Zeit, jedenfalls aber doch in langem Zeitraum (30, 40, ja 60 Jahren) bewerkstelligt wird, und dass sich je nach Umständen grössere oder kleinere gleichförmig behandelte Gruppen (wie im Femelschlagbetrieb) einschieben. Ob dabei mehr durch Aushieb einzelner Stämme oder mehr in Gestalt solch gruppen- und horstweiser Bewirtschaftung vorgegangen wird, hängt in erster Linie von der zufälligen Beschaffenheit des Bestandes (Aushieb alles schadhaften Holzes, besonders breitkroniger, hervorragend starker Stämme, Förderung von Vorwuchshorsten u. s. w.) ab. Jedenfalls ist ein ungleichförmiger Bestand das Wirtschaftsziel. Die behaupteten Vorzüge eines solchen kommen in diesem Betrieb voll zur Geltung.

Die Abhandlung Schuberg's, auf welche in Anm. 232 verwiesen ist, bringt hinsichtlich der Tanne, welche bes. im badischen Schwarzwald vielfach im „femelartigen Betrieb" bewirtschaftet wird, den an zahlreichen direkten exakten Erhebungen über die Zuwachsleistung in diesem Betrieb im Gegensatz zum Schirmschlagbetrieb vorgeführten Nachweis, dass der letztere sowohl an Masse im ganzen, als auch namentlich bezüglich der Verteilung der Einzelstämme auf die verschiedenen Nutzholzklassen erheblich hinter dem femelartigen Betrieb zurückbleibt, welcher bei gleichem durchschnittlichem Alter einen weit höheren Prozentsatz an Stämmen der ersten Klasse liefert, weil er keine entwickelungs-

232) Vergl. Schubergs Schlaglichter zur Streitfrage: schlagweiser Hochwald- oder Femelbetrieb, Forstw. Zentralblatt v. 1886, S. 129 u. S. 194; siehe oben die Bemerkung über diese höchst dankenswerte Arbeit.

unfähigen Individuen lediglich eines gleichmässigen Bestandesschlusses wegen belässt und eben infolge der zeitigen Entfernung aller dieser zweifelhaften Glieder den übrigen einen erhöhten Lichtgenuss gewährt. Immerhin könnte man fragen, ob nicht bei der Vergleichung ab und zu gegen einen Grundsatz der Statik einigermassen verstossen ist, dahin lautend, dass man jede der gegeneinander abzuwägenden Wirtschaftsformen im Zustand ihrer höchsten Leistungsfähigkeit betrachten soll. Dann darf aber auch der Schirmschlag keine Kranken aufweisen und muss derart durchlichtet sein, dass auch in ihm ein genügender Lichtungszuwachs zur Geltung kommt. (Ob man dann bei der Tanne, d. h. insbesondere durch bedingungslosen Aushieb aller Krebsbäume nicht von selbst zu einer femelartigen Form kommt, ist eine andere Frage.)

2. Ueberhaltbetrieb und zweihiebiger Hochwaldbetrieb[233]):

a) Wenn von den hiebsreifen Bäumen eines Hochwaldbestandes eine gewisse Anzahl von der Abtriebsnutzung ausgeschlossen wird und im nachgezogenen Jungwuchse bis in den nächsten Umtrieb hinein stehen bleibt, so entsteht die Ueberhaltform. Zweck derselben ist die Anzucht besonders starker Stämme, wie sie der gewöhnliche Umtrieb nicht zu erzeugen vermag. Man will aber nicht für die ganze Wirtschaft oder für einzelne ganze Bestände, um solche Starkhölzer zu gewinnen, den Umtrieb erhöhen, sondern die übliche Umtriebszeit für die Hauptmasse der Bestände durchweg beibehalten. Der gewünschte Erfolg ist nur zu erreichen, wenn die zu belassenden Stämme (Ueberhälter, Waldrechter, Oberständer) genügend lange Zeit nach dem Abtrieb des Grundbestandes, möglichst während der ganzen folgenden Umtriebszeit, fortwachsen; sie müssen also an sich entsprechend wuchskräftig sein und unter Bedingungen belassen werden, welche ihre fernere gedeihliche Entwickelung sichern; d. h. man darf nur durchaus gesunde, gut geformte Stämme zum Ueberhalt bestimmen (nicht etwa die allerstärksten) und muss für Erhaltung der Bodenkraft sorgen.

Mittelhohe Umtriebe eignen sich am meisten; man hat dann Hoffnung, dass wenigstens ein Teil der Oberständer den vollen zweiten Umtrieb aushält.

Der Betrieb findet sich in den verschiedenartigsten Formen, weil er sich aus jeder beliebigen Grundform herausentwickeln kann. Immer aber sollten die Ueberhaltbäume möglichst allmählich an den freien Stand gewöhnt werden, wozu unter Umständen schon lange Zeit vorher (20—40 Jahre) der Freihieb derselben eingeleitet werden muss, falls nicht die Wirtschaftsform an sich schon (wie im Femelbetrieb oder femelartigen Betrieb) allmähliches Gewöhnen an den Freistand bedingt. Namentlich sollte nicht mit der dem Uebergang in die Ueberhaltstellung eine, wenn auch nur vorübergehende Minderung der Bodentätigkeit verbunden sein. Dass die Oberständer den Grundbestand in seinem Zuwachs beeinträchtigen, ist klar; ihre eigene Massen- und Wertssteigerung soll aber diesen Ausfall aufwiegen. Bedenklich ist für allen Ueberhaltbetrieb die Sturmgefahr. Gruppenweiser Ueberhalt ist in vielen Fällen dem Einzelüberhalt vorzuziehen; doch bedarf es in der Ueberhaltgruppe (bezw. Horst) des Unterbaues, wo nicht natürlicher Unterwuchs sich einstellt.

Am misslichsten sind die Bedingungen im Kahlschlagbetrieb: z. B. Ueberhalt einzelner Forchen (15—30 Stück pro ha) nach dem Abtrieb des Bestandes.

Im Schirmschlagbetrieb (z. B. Ueberhalt wuchskräftiger Eichen, Eschen, auch einzelner Buchen etc. im gemischten Laubholzhochwald) liegen die Verhältnisse insofern günstiger, als während des Verjüngungszeitraumes allmähliche Freistellung bewirkt und der Boden nicht entblösst wird. — Auch mit dem Femelschlagbetrieb würde sich ein eigentlicher Ueberhaltbetrieb (stammweise oder vielleicht grundsätzlich mehr gruppenweise) sehr gut verbinden lassen.

---

233) Vergl. Täger, „Zum zweihiebigen Kiefernhochwaldbetrieb“ (Festgabe zur Görlitzer Forstversammlung 1885.) — Derselbe, „Zum zweihiebigen Kiefernhochwaldbetrieb“ im Tharander Jahrb. von 1887 S. 1 ff. — Meyer, „Zur Frage des Ueberhaltbetriebs resp. des zweihiebigen Hochwaldes“ in Zeitschr. f. F. u. Jw. 1887 S. 13 ff.

b) Der zweihiebige Hochwald darf als besonderer Fall des Ueberhaltbetriebs bezeichnet werden, welcher dann entsteht, wenn man bei nicht zu hohem Umtrieb durch verhältnismässig reichliches Ueberhalten von Stämmen möglichst viele Individuen des ursprünglich vorhandenen Bestandes zu den gewünschten bedeutenderen Dimensionen herausbilden will. Die Oberständer erscheinen nicht sowohl als eine Zugabe zum Grundbestand, sondern sind schliesslich der eigentlich entscheidende Bestandesteil. Speziell dieser Betrieb arbeitet entschieden am leichtesten mit mittelhohen Umtrieben (70, 80, höchstens 100 Jahre); anderenfalls werden trotz aller Sorgfalt viele Ueberhälter vor der Zeit abständig[234]). Gegenüber einer allgemeinen Erhöhung der Umtriebszeit hat man den Vorteil, dass nur die wirklich guten Stämme dem hohen Alter zugeführt werden. Von geringen Böden sollte der Betrieb ferngehalten werden[235]). Unter Umständen ist Unterbau rätlich.

Das frühzeitige Vorbereiten auf die Ueberhaltstellung, bezw. das Loshauen der dazu bestimmten Bäume ist stets nur mit der Beschränkung und so allmählich auszuführen, dass dadurch keine schädliche Verlichtung des Bestandes eintritt.

Als besondere hierher gehörige Formen erscheinen auch der

Zweialterige Hochwald Burckhardt's,

der modifizierte Buchenhochwaldbetrieb von v. Seebach,

die Homburg'sche Nutzholzwirtschaft.

Dieselben sind im 5. Kapitel des 3. Abschnittes (§ 70) besprochen.

Wie sich unter bestimmten Umständen auch einmal ein „Dreifacher Hochwaldbetrieb" (innerhalb einer Umtriebszeit Nutzung gewissermassen von drei verschiedenen Beständen auf der nämlichen Fläche: 20jähriger Kiefernschutzbestand, 140jährige Eichen, 110jährige Buchen) entwickeln kann, hat Wilbrand in der Allg. F. u. J.Z. (1879, S. 41 ff.) gezeigt. Doch gehört die betr. Wirtschaft mehr nur dem Namen nach hierher; sie ist ein Unterbaubetrieb mit besonderer Modifikation.

3. Unterbau- und Lichtwuchsbetrieb.

Beide sind nicht eigentlich besondere Betriebsarten, sondern mehr nur bestimmte Formen der Bestandeserziehung und als solche im 3. Abschnitt (5. Kap.) abgehandelt. Kahlschlagbetrieb, Schirmschlag- und Femelschlagform können mit Unterbau- und Lichtwuchsbetrieb verbunden, bezw. als solche ausgebildet sein.

4. Waldfeldbau[236]).

Derselbe darf als eine besonders entwickelte Wirtschaftsform des Hochwaldes hier genannt werden, obwohl die Besonderheit streng genommen nur in der Art der Bestandesbegründung erblickt werden kann, bei welcher die Anzucht landwirtschaftlicher Gewächse in verschiedenartig modifizierter Weise beteiligt ist, während die Bestandeserziehung in nichts von demjenigen Vorgehen abweicht, welches auch ohne jene Verbindung von Holz- und Fruchtzucht auf den betreffenden Oertlichkeiten beobachtet werden würde. Waldbaulich wichtig ist namentlich, dass sich in einer Anzahl von Fällen, wie durch viele, verschiedenartig gestaltete vergebliche Versuche dargetan ist, die Begründung junger Bestände (wegen Unkrautwuchs etc.) ohne Zuhilfenahme des landwirtschaftlichen Vor- oder Zwischenbaues als nur mit unverhältnismässigen

---

234) Auszugshiebe, vergl. dritter Abschnitt, 4. Kapitel (§ 63).

235) Täger a. a. O. will auch noch auf Kiefernboden 3., ja 4. Güte mit seinem Betrieb gute Starkhölzer erziehen; auf Boden 2. Bonität soll mit Fichte unterbaut werden. Entsprechende Rentabilität wird von T. nachgewiesen.

236) Vergl. Handbuch 2. Bd. VI c, § 2 ff. — Sodann zu vergl. Bericht über die XV. Versammlung deutscher Forstmänner zu Darmstadt 1886, Frankf. bei Sauerländer 1887, S. 81—145, ferner Speidel, Waldfeldbau Oberschwabens (Allg. F. u. J.Z. 1888, S. 876), Köhler, „Ueber den Waldfeldbau in Oberschwaben" das. 1898 S. 117, spricht sich gegen denselben aus.

Opfern erreichbar erwiesen hat. Hierin muss dann auch die Berechtigung des Betriebs vom waldbaulichen Standpunkt aus zunächst gefunden werden. Als weitere Momente, welche zu gunsten desselben sprechen, kommen hinzu die durch die Bodenlockerung bewirkte Zuwachssteigerung, sowie die in vielen Fällen hohen Erträge (Pachtgeld, bezw. Erlös aus dem Verkauf der landwirtschaftlichen Produkte). Dagegen ist in dem Entzug bestimmter Mengen an mineralischen Nährstoffen, wie er durch jede Kartoffel- oder Halmfruchternte erfolgt, ein unleugbarer Nachteil zu erblicken; derselbe kann allerdings durch die Vorteile des Betriebs überboten werden, um so mehr, als auch dem Feldbau gewisse Mengen von Rohhumus für die Pflanzenernährung aufgeschlossen werden, die sonst unzersetzt geblieben wären. Eine besondere Würdigung erheischen überdies die volkswirtschaftlichen Erwägungen, zu denen der Betrieb Anlass gibt.

Das Nähere über denselben findet sich an der S. 555 (Anm. 236) bezeichneten Stelle, auf welche hier verwiesen werden muss.

B. Niederwald und Mittelwald.

§ 79. Zwischen beiden Betriebsarten, sowie zwischen diesen und dem Hochwald schieben sich mehrere Uebergangsformen ein, welche sich in verschiedenartiger gegenseitiger Annäherung aussprechen.

So kann man im Niederwald einzelne Oberständer überhalten und gewinnt dadurch, namentlich wenn man einen Teil derselben noch länger als durch den nächstfolgenden Umtrieb stehen lässt, sofort eine mittelwaldartige Form. Eine solche kann für etwaige Betriebsumwandlungen (z. B. Eichenschälwald in Eichenhochwald, bei rückgängigen Rindenpreisen) von hoher Bedeutung werden.

Oder man lässt im Niederwald an den Wegrändern Hochstämme stehen, bezw. pflanzt daselbst hochstämmig zu erziehende Holzarten (Lärche etc.) an, um wenigstens ein mässiges Quantum stärkerer Nutzholzsortimente zu erhalten.

Jeder Oberstand im Niederwald schmälert den Ertrag des Schlagholzes, bezw. der Rinde im Schälwald.

Der **Mittelwald** kann ein hochwaldartiges Aussehen gewinnen oder andererseits mehr nach Art des Niederwaldes beschaffen sein, je nachdem man dem Oberholz eine mehr oder minder umfängliche Beteiligung verstattet. Ist dasselbe ganz oder nahezu geschlossen, so ist der Schritt zum Hochwald ein kurzer, während man, wenn dasselbe mehr und mehr zurücktritt, leicht zu niederwaldartigen Formen kommt.

Die besonderen Umstände des Wirtschaftsbetriebs können Uebergänge nach der einen oder anderen Seite hin rätlich erscheinen lassen.

Drittes Kapitel.

Betriebsumwandlungen.

I. Allgemeines.

§ 80. Veranlassung zur Betriebsumwandlung, d. h. zu dem planmässigen Uebergang von einer Betriebsart zur anderen, ist nicht selten gegeben. Ihre Gründe können sehr verschieden sein. Sie liegen beispielsweise vielleicht in veränderten Interessen des Waldbesitzers (Anlage eines Wildparks u. s. w.) oder in der durch Abstraktion oder Erfahrung gewonnenen Ueberzeugung von der höheren Leistungsfähigkeit einer Betriebsart gegenüber der bisher eingeführten (in bezug auf Bodenpflege, Massen- und Wertserzeugung u. s. f.), auch wohl in der Unmöglichkeit, einen Betrieb ferner beizubehalten (durch unabweisbare Streunutzung heruntergekommene Waldungen), vielfach aber auch in veränderten Marktverhältnissen, d. h. in der durch einen Umschwung auf dem Gebiete der Holzverwertung herbeigeführten veränderten relativen Wertschätzung

der verschiedenen Forstprodukte. Mithin sind es teils persönliche, teils sachliche Gründe, welche entscheidend werden; letztere oft nur örtlich, manchmal aber mehr allgemein, wie beispielsweise der Einfluss geringerer Absatzfähigkeit des Brennholzes, ebenso der Lohrinde infolge auswärtiger Konkurrenz u. s. f. Ihren Zielpunkt finden alle bezüglichen Massregeln in einer die gegenwärtige überbietende Rentabilität, unter Beachtung entweder nur der Verhältnisse des Waldes selbst oder weiter reichender Gesamtinteressen.

Am einschneidendsten wirken solche Umwandlungen, bei welchen eine Aenderung der Holzart und der Betriebsart zugleich in Frage kommen, während sich diejenigen Vorgänge verhältnismässig einfacher abspielen, welche entweder nur einen Holzartenwechsel oder nur eine Betriebsänderung darstellen. Je beträchtlicher zwei in einander überzuführende Betriebsarten in ihrem Gesamtcharakter von einander abweichen, um so schärfer treten die den Uebergang vermittelnden Operationen zu Tage. In vielen Fällen kann nur ein allmähliches Aufgeben des bestehenden Betriebs Platz greifen; wenigstens wird immer dann, wenn grössere Wirtschaftsobjekte in Betracht kommen, jedes durch starke Sprünge sich äussernde Vorgehen ausgeschlossen werden müssen. Die Gründe hiefür liegen in den Rücksichten auf den Holzmarkt, das verfügbare Kulturmaterial, die erforderlichen Arbeitskräfte, nachhaltige Gestaltung der Holzabnutzung u. s. w.); hauptsächlich, sobald die Betriebsänderung grosse Differenzen in der Umtriebszeit (bisherige und einzuführende) herbeigeführt und damit im Nachhaltbetrieb sehr verschiedene Holzvorräte (bald grössere bald kleinere als bisher) gefordert werden, kann der Uebergang meist nur langsam und unter sorgsamster Abwägung aller denselben begleitenden Umstände bewerkstelligt werden. Immerhin möchte auch von einer allzu weit gehenden Aengstlichkeit ebensosehr abgeraten werden, wie andererseits gewagte Spekulationen unzulässig sind. Ohne Entwerfung eines Wirtschaftsplanes lassen sich Umwandlungen in grösseren Waldungen nicht mit der wünschenswerten Klarheit und Sicherheit durchführen. Waldbau und Forsteinrichtung haben hier gemeinsam zu operieren. Bei einzelnen Beständen, kleinen Parzellen unterliegt jedoch selbst ein plötzlicher Uebergang oft nicht dem mindesten Bedenken.

II. Umwandlungen innerhalb des Hochwaldbetriebs.

§ 81. A. Der Kahlschlagbetrieb soll verlassen werden:

1. Uebergang vom Kahlschlag zum Schirmschlagbetrieb.

Derselbe lässt sich, wenn die Holzart beizubehalten ist, in meist sehr einfacher Weise bewerkstelligen, indem man im haubaren oder nahe haubaren Bestand die natürliche Verjüngung (je nach Bedarf unter entsprechender künstlicher Beihilfe) mit ihren verschiedenen Hiebsführungen an Stelle des Kahlhiebs treten lässt. Im einzelnen können sich freilich mannigfaltige Modifikationen des Schemas ergeben. Zusammenfassen mehrerer Jahresschläge zum Periodenschlag wird erforderlich. Aenderungen der Umtriebszeit und im Gefolge davon des Normalvorrats bringt diese Ueberführung nicht grundsätzlich mit sich. Soll die Holzart wechseln, so muss künstliche Kultur (bisweilen durch Unterbau, z. B. Tanne unter Kiefer) eintreten.

2. Vom Kahlschlag zum Femelschlagbetrieb, femelartigen Betrieb und Femelbetrieb.

Dieser Uebergang vollzieht sich im allgemeinen ähnlich wie der vorbesprochene. An Stelle gleichmässiger Behandlung des ganzen Bestandes tritt der Horst oder die Gruppe, wodurch zunächst der Femelschlagbetrieb erreicht wird. Der Weg von diesem zum femelartigen Betrieb und schliesslich zum eigentlichen Femelbetrieb ist leicht zu finden; doch wird man sich zumeist mit Beibehaltung einer der Uebergangsformen begnügen und nicht gerade dem reinen Femelwald zusteuern.

B. Ueberführung des Femelbetriebs in einen schlagweisen Betrieb.

Der betreffende Wirtschaftsplan muss zunächst die Bildung der Orts- und Bestandesabteilungen, sowie die Hiebszüge vorsehen, wobei die jeweilige Beschaffenheit der Femelbestände (meist verschiedenartige Beteiligung und räumliche Gruppierung der Altersklassen!) zumal für die Uebergangszeit besonders zu beachten ist, damit der neue Zustand nicht mit zu grossen Opfern erreicht wird: zuwachsärmste Teile, solche mit dem höchsten Durchschnittsalter kommen, soweit es die Schlagfolge zulässt, in erster Linie zur Behandlung; inzwischen muss der Gang der Durchhiebe in den übrigen Teilen eine Minderung der Altersunterschiede anstreben.

C. Uebergang vom Schirmschlag zum Femelschlag und umgekehrt.

1. Die Ueberführung des Schirmschlags zum Femelschlag wird erreicht, indem man die Verjüngung nicht gleichmässig über die ganze Bestandesfläche hin einleitet und durchführt.

2. Vom Femelschlag zum Schirmschlag gelangt man durch allmähliches Verschwindenlassen der durch Altersunterschiede gekennzeichneten Gruppen und Horste.

D. Uebergang zum Kahlschlag.

Derselbe gründet sich stets auf die Abgrenzung von Schlagflächen, deren Bestände kahl abgetrieben werden.

Dass fast alle diese Umwandlungen sich nicht ohne mancherlei Opfer in der Uebergangszeit vollziehen lassen, insbesondere darin bestehend, dass vielfach Bäume und Bestände schon vor oder erst nach ihrer Hiebsreife genutzt werden, leuchtet ein. Es ist die Aufgabe des Wirtschafters (übrigens vornehmlich auf dem Gebiete der Forsteinrichtung belegen), diese Verluste auf das geringste Mass zu beschränken.

III. Der Hochwaldbetrieb wird aufgegeben.

§ 82. A. Uebergang zum Niederwald:

In den weitaus meisten Fällen ist die Holzart des Hochwaldes nicht schon diejenige des Niederwaldes. Künstliche Bestandesbegründung nach voraufgegangener Abräumung des vorhandenen Bestandes bewirkt die Ueberführung, am besten nach einer Schlageinteilung, sofern man nicht den aussetzenden Betrieb einführen will. Soll insbesondere ein jährlicher Nachhaltbetrieb entstehen, so braucht man u Schläge, welche dann successive in u Jahren umgewandelt werden. In dieser Zeit würde sich die ganze Umwandlung nur auf kleineren Flächen, nicht in einem grösseren Waldkörper beendigen lassen.

Ist die gewünschte Holzart schon vorhanden (Eiche, Erle), so kann unter günstigen Verhältnissen die künstliche Kultur ganz entfallen, und man sich auf die Benutzung der Ausschläge beschränken. Doch wird meist künstlicher Anbau wenigstens mithelfen müssen.

Als besonders interessanter Fall kann die Ueberführung des Hochwaldes (in specie Kiefer) in zahme Kastanie aufgeführt werden, wie er sich eben vielfach in den Vorbergen der Pfalz vollzieht: Löcherhiebe mit nachfolgender Pflanzung gewähren dann der Kastanie wohltätigen Seitenschatten[237]).

B. Uebergang zum Mittelwald:

Erfolgt, soweit das Unterholz in Betracht kommt, im ganzen nach gleichen Grundsätzen wie ad A. Wie rasch sich die einzelnen Oberholzklassen in der erforderlichen Art (nach Holzart, Menge, Verteilung u. s. w.) herstellen lassen, ist wiederum von der Holzartenbeteiligung und der Betriebsform (gleichalterig oder ungleichalterig) im Hoch-

237) Vergl. die im 2. Abschn. 4. Kap. ad I, 12 (§ 49) zitierten Aufsätze von Osterheld.

wald abhängig. Uebergang unter Umständen durch allmählich zu regulierenden Beschirmungsgrad; Belassen gesunder, entwickelungskräftiger, möglichst standfester Bäume der geeigneten Holzarten; meist auch hier Beihilfe besonderer Kultur behufs zweckentsprechender Ergänzung des Oberholzes.

IV. Niederwald oder Mittelwald ist in Hochwald überzuführen.

§ 83. A) Niederwald:

Die Verschiedenheit der Umtriebszeit bedingt es, dass, wenn der Niederwald in einen Hochwald-Nachhaltbetrieb übergeführt werden soll, bedeutende Holzvorratsmassen angesammelt werden müssen, damit ein der gewählten Umtriebszeit entsprechender Vorrat des Hochwaldes hergestellt werde. Wird die vorhandene Holzart beibehalten, so genügt das Aufhören mit den Niederwaldhauungen und das Fortwachsenlassen der Stockausschläge, welche entsprechend zu durchforsten sind. Allerdings ist hiemit eine Verzichtleistung des Waldbesitzers auf Erträge verbunden, die gemildert werden kann, wenn man als Uebergangsstadium eine mittelwaldartige Form wählt, indem beim Hieb immer eine grössere Anzahl von Lassreiteln übergehalten und so allmählich der Hochwald-Vollbestand angebahnt wird.

Muss ein teilweiser oder vollständiger Holzartenwechsel eintreten, so ist künstlicher Anbau erforderlich: Einpflanzen stärkerer Exemplare nach dem Abtrieb des Stockschlages, vielfach zweckmässig in Gruppen und Horsten, mit nachfolgender sorgsamer Schlagpflege (hauptsächlich gegen das Vordrängen neuer Stockausschläge gerichtet), wenn ein Mischbestand erzielt werden soll; — auch wohl Stockroden nach dem Abtrieb und vollständiger Neuanbau der Fläche, wobei man dann allerdings zu einer Kahlflächenkultur gelangt. Die Modifikationen der Durchführung sind überaus zahlreich.

Die geringe Rentabilität des Eichenschälwaldes ist Veranlassung dazu, dass diese Betriebsform neuerdings vielfach in Hochwald übergeführt wird[238]).

B) Mittelwald[239]).

Soll ein solcher in einen Hochwald-Schlagbetrieb übergeführt werden, so ist es, je nach der Art und Beschaffenheit des Oberholzes, oft weniger die Menge, als die Verteilung der verfügbaren Holzmasse, welche geändert werden muss. Jede normale Betriebsklasse des schlagweisen Hochwaldbetriebs zeigt weit erheblichere Altersunterschiede ihrer Bestände, als sie im Mittelwald von Schlag zu Schlag vorhanden sind, wo sich alle analogen Glieder (Unterwuchs, einzelne Oberholzklassen) zweier in der Schlagfolge benachbarter Bestände je nur um 1 Jahr im Alter verschieben, so dass das Maximum des Unterschieds zweier Bestände gleich dem Unterholzumtrieb ist. Man wird der normalen Altersstufenordnung des Hochwaldes nur insoweit allmählich sich nähern, als es bei möglichst vorteilhafter Benutzung der verfügbaren Bestände erlaubt ist, damit die kritische Zeit der Ueberleitung keine Verluste bringt, welche den durch die ganze Manipulation erhofften wirtschaftlichen Gewinn in Frage stellen. Vermehrung des Oberholzes, Zurückdrängen des Schlagholzes ist allgemein erforderlich; im Oberholz unter Umständen, damit die Altersstufenfolge des Hochwalds angebahnt wird, flächenweise

---

238) Heyer, „Eichenschälwald-Umwandlungen im Odenwald" (Forstw. Zentralbl. 1902 S. 415).

239) Zu vergl. u. a. Böhme, „Ueberführung des Mittelwaldes in Hochwald" (Forstw. Zentralbl. von 1885, S. 332 ff.), woselbst für verschiedene Mittelwaldkategorien Spezialregeln angegeben werden. — Im sächs. Forstverein stand 1882 die Umwandlung rückgängiger Mittelwaldungen in Hochwald zur Debatte, ebenso auf der Deutschen Forstversammlung in Metz 1893, auf der Badischen Forstversammlung 1899, desgleichen auf der Thüringischen Forstversammlung, 1900. — Weitere Literatur: Jäger, „Vom Mittelwald zum Hochwald" 1889.

getrennt, Begünstigung teils der älteren, teils der mittleren und jüngeren Oberholzklassen; entsprechende Verteilung der Fällungen; dabei Ergänzung durch Einpflanzung u. s. w.

Ist zugleich ein vollständiger Holzartenwechsel beabsichtigt, so kann man möglicherweise mittelst Kahlhieben und folgender Kultur, je nach Umständen auch mittelst Unterbaues nach vorheriger entsprechender Schlagstellung vorgehen. Dass der Uebergang zu einem Schattenholz (z. B. Tanne) im allgemeinen nur auf letzterem Wege bewirkt wird, ist selbstverständlich.

Viertes Kapitel.

Die Betriebsarten und die einzelnen Holzarten.

Soweit die Massnahmen der Bestandesbegründung mit der Betriebsart im Zusammenhang stehen, finden sich die erforderlichen Andeutungen nebst Literaturnachweisen im 4. Kapitel des zweiten Abschnitts.

I. Laubhölzer.

§ 84. 1. Rotbuche: Dieselbe ist ausgesprochene Hochwald-Holzart. Erscheint sie auch häufig im Mittelwald, sowie da und dort im Niederwald, so kann doch wegen ihrer verhältnismässig geringen Reproduktionskraft keiner dieser beiden letztgenannten Betriebe auf sie als Hauptholzart gegründet sein. Als Oberholzbaum im Mittelwald ist die Rotbuche überdies zu dichtkronig.

Im Hochwald findet sich die Rotbuche (Umtriebszeit gewöhnlich 100—120 Jahre, Haubarkeitsdurchschnittszuwachs auf mittlerem Standort 4—6 Fm. pro ha) meist im Schirmschlag-, auch wohl im Femelschlagbetrieb, im reinen Bestand sowohl, als in Mischbeständen. Reine oder annähernd reine Bestände, welche bis zu dem durch die Konkurrenz der Steinkohle herbeigeführten Rückgang in der Wertschätzung des Brennholzes vielfach Wirtschaftsziel waren, können dies heute nicht mehr sein, da, selbst wenn sich für Buchennutzholz noch neue, umfängliche Verwendungsarten finden oder bereits bekannte sich als ausdehnungsfähig erweisen sollten, doch tatsächlich kaum ein besonders hohes Nutzholzprozent bei der Verwertung reiner Buchenbestände von grösserer Ausdehnung sich ergeben wird, weil eben jene Verwendungsarten (Eisenbahnschwellen, gebogene Möbel, Holzpflaster u. s. w.) doch nur einen im Vergleich zur Gesamtmassenerzeugung im Buchenwalde nicht sehr erheblichen Bedarf bedingen. In Gegenden, welche von den grossen Kohlenlagern weiter entfernt sind, hat Buchenbrennholz natürlich noch einen besseren Absatz. Jedenfalls bleibt der Buche unbestritten der Vorzug eines trefflichen Einflusses auf den Boden, so dass einer irgend einseitigen Verdrängung derselben entschieden widerraten werden muss[240]), wenn auch gegen eine wohl erwogene örtliche Einschränkung ihres Gebietes nichts eingewendet werden kann. Sie bleibt Hauptholzart im gemischten Bestande, sei es als eigentlich bestandesbildend, sei es als höchst schätzbares Unterholz im Unterbau- und Lichtungsbetrieb. Zum Ueberhaltbetrieb ist die Buche wenig geeignet (breite Krone, stark beschattend, Rinden-

240) Namentlich sollte mit Umwandlung in Nadelholz, bes. Fichte eine gewisse Vorsicht walten, weil Ueberführung des Marktes mit geringeren Nadelholzsortimenten (Hopfenstangen aus den Durchforstungen etc.) zu befürchten ist. — Man vergl. auch die umfängliche Literatur der letzten Zeit, so u. a. die Verhandlungen der Wildbadener Forstversammlung von 1880, sowie des württemb. Forstvereins in Kirchheim u. d. Teck 1884; ferner Aufsätze von Urich (Zeitschr. f. F. u. Jw. 1880 S. 652), Kraft (Tharand. Jahrb. 1880 S. 154), Wimmenauer (Allg. F. u. J.Z. 1880 S. 1), Schuberg (Forstw. Zentralbl. 1880 S. 21 u. S. 269), Guse (das. S. 245).

brand etc.); besondere Starkhölzer können, von höheren Umtrieben abgesehen, im zweihiebigen Hochwald oder im v. Seebach'schen Betrieb erzogen werden.

2. Eiche: im Hochwald, Niederwald und Mittelwald.

a) Hochwald: Wegen der überaus schätzbaren Nutzholzeigenschaften der Eiche ist das allgemeine Streben dahin gerichtet, sie in möglichst grossen Mengen nachzuziehen, was teils im reinen, teils im gemischten Bestande geschieht. Die Traubeneiche bildet meist längere geradere Schäfte, ist aber nicht für alle Zwecke gleich geschätzt wie die Stieleiche.

Eichenzucht im wenigstens anfänglich reinen Bestande durch ganze Abteilungen hin erfolgt meist mittelst Kahlschlags, oft unter Anwendung des Waldfeldbaues. Da sich die Eiche schon im angehenden Stangenholzalter meist stark zu lichten beginnt, muss sie unterbaut werden (s. dritter Abschnitt, 5. Kap. C). Umtriebszeit 120 bis 160 Jahre, je nach der Art des Holzabsatzes. Die Durchforstungen liefern viele treffliche geringere Nutzhölzer (Grubenholz etc.). Lichtungszuwachs am dominierenden Bestand.

Im Mischbestande erscheint die Eiche in verschiedener Gestalt (vergl. erster Abschnitt, III, B, 3). Von Einzelmischung wollen viele absehen; ausserdem erscheint der Femelschlagbetrieb, durch Schaffung vorwüchsiger Eichenhorste, am geeignetsten, die Erhaltung der Mischung zu sichern.

Ueberhalt in einen folgenden Umtrieb wird zur Erzielung besonders starker Stämme gewählt; doch ist dabei mit Vorsicht zu verfahren, damit nicht plötzliche Freistellung einen Rückgang des Wachstums bei den Oberständern (Wasserreiser, Zopftrocknis, zu starke Kronenausbreitung etc.) bewirkt. Gruppenweiser Ueberhalt mit Bodenschutzholz in der Gruppe verdient Beachtung.

b) Mittelwald: Derselbe wird ebenfalls zu reichlicher Eichennutzholzzucht verwendet. Die Mittelwaldeiche liefert auf kräftigem frischem Boden (besonders in den Auwaldungen der Flussniederungen) oft hervorragend wertvolle Sortimente (breite Jahresringe; zwar oft nicht sehr hochschaftig, aber viele figurierte Hölzer), weshalb die Bestandespflege auch hier der Eiche besondere Sorgfalt zuwenden sollte. Die Rentabilität eines Mittelwaldes ist meist ganz wesentlich durch die Zahl der vorhandenen Eichenoberständer bedingt.

c) Niederwald, insbesondere Eichenschälwald: Stieleiche und Traubeneiche sind für den Betrieb passend (örtlich bald die eine, bald die andere höher geschätzt), doch sollten beide (wegen ungleichzeitiger Entwickelung — s. Fribolin, „der Eichenschälwald", S. 35) nicht im nämlichen Schlage stehen. Umtrieb meist 15 bis 20 Jahre. Abtrieb in der Saftzeit (besondere Fälle: der Hackwaldbetrieb im Odenwald und den Siegener Haubergen — vergl. 2. Abschn. 4. Kap. I, 2), Läuterungshieb im ca. 8jährigen Bestand (Entfernung unerwünschter Schlaghölzer, überflüssiger Loden, bes. der sog. Schleifreiser), Durchforstung einige Jahre vor dem Abtrieb behufs kräftigerer Entwickelung der stehenbleibenden Loden und Bildung reichlicherer und wertvollerer Rinde. Nachbesserung (Schlaglücken, Ergänzung abgestorbener Stöcke usw.), womöglich schon bei der Durchforstung, damit die Kernpflanzen einen Vorsprung erhalten, hauptsächlich durch Stummelpflanzen (vielfach je 3 Stück im Dreieck gesetzt — Odenwald). — Normale Schälwalderträge[241]) auf gutem Standort beim Ab-

---

241) cfr. u. a. Neubrand, „Die Gerbrinde", S. 168 ff., sowie Walther, „Mitteilungen über Eichenschälwalderträge aus der hess. Oberförsterei Alzey. Zur Versammlung des hess. Forstvereins in Bingen 1885. Jentsch, Der deutsche Eichenschälwald und seine Zukunft 1899, Schenck, Die Rentabilität des deutschen Eichenschälwaldes 1899. Die Schälwaldfrage wurde auch 1898 auf der Versammlung deutscher Forstmänner in Breslau behandelt.

trieb pro ha etwa 80—100 Ztr. Rinde (steigt bis 130, ja 150 Ztr.) und etwa 30 fm Schälholz nebst 10—15 fm Raumholz.

Bei Neubegründung eines Schälschlags durch künstlichen Anbau sind die Erträge des ersten Umtriebs natürlich wesentlich geringere als die normalen, welch letztere auch in den beiden folgenden Umtrieben in der Regel noch nicht ganz erreicht werden.

3. Hainbuche: als Holzart des Hochwaldes und Mittelwaldes. Im Hochwald dem übrigen Laubholz (weniger dem Nadelholz) als Mischholz beigesellt, oft in so reichlicher Einsprengung, dass bei dem öfteren und reichlichen Samentragen dieser Holzart ihre Ansamung eine sehr starke wird und ihre natürliche Nachzucht ohne Schwierigkeiten gelingt. Als Brennholz und als Nutzholz (besondere Härte) geschätzt, lässt schon vom 60ten bis 80ten Jahre an in der Regel im Zuwachs rascher nach als andere Laubhölzer (Rotbuche, Esche etc.), weshalb ihr frühzeitigerer Aushieb um so unbedenklicher ist. — Im Mittelwald gutes Ausschlagsholz; auch im Oberstand (jedoch nicht zu reichlich) zuzulassen. Besonderer Pflege bedarf die Hainbuche kaum. — Gelegentlich als Kopfholzbaum auf Viehtriften.

4. Esche: im Hochwald und als Oberholz im Mittelwald, in beiden Fällen sehr geschätzt als Nutzholz; auch wohl Schneidelbaum (häufig im Gebirg, wie in den Alpen, zur Futterlaubgewinnung). Nicht oder nur ausnahmsweise (auf kleinen feuchteren Partien) in reinem Bestand. Gefährdung durch Wildschälen, Frost etc. — Besonders günstig in Mischung mit der Buche (namentlich auf Kalkböden), mithin zumeist im Schirmschlagbetrieb zu behandeln.

5. Ulme: in den gleichen Betriebsformen auftretend wie die Esche (doch andere Bodenansprüche); sehr geschätztes Mittelwald-Oberholz (Auenwaldungen).

6. Ahorn: hauptsächlich im Hochwald, in Mischung mit anderen Laubhölzern (z. B. Buchenbestände der Kalkformationen mit oft reichlicher Ahornbeimischung).

7. Erle: im Hochwald (nassere Partien, dann meist rein), sowie als Stockschlag (25—30jährig. Umtrieb), auch als Oberholzbaum des Mittelwaldes an passenden Stellen.

8. Linde: Hochwald und Mittelwald.

9. Prunus-, Pirus-, Sorbus-Arten: eingesprengt im Hochwaldbestand, an Wegrändern (hier bes. Sorbus aucuparia), auch als Oberholz im Mittelwald. Grossenteils als gute Nutzhölzer zu begünstigen, besonders bei den Durchforstungen zu berücksichtigen; doch waldbaulich ohne grosse Bedeutung, sofern die Nachfrage immerhin eine beschränkte ist; besonders begehrt ist die Elsbeere (s. torminalis).

10. Birke: meist im Hochwald-Mischbestand, doch im Mittelwald nicht ausgeschlossen. Als Nutzholz (Geschirrhölzer) und als Brennholz geschätzt. Frosthart, weshalb und wegen der leichten Belaubung oft als Schutzholz zum Vorbau benutzt. Gruppenweises Vorkommen führt leicht zu frühzeitiger Bestandesdurchlichtung, deshalb Beschränkung angezeigt; ebenso ist Vorsicht im Zusammenleben mit Nadelhölzern geboten. Die Birke ist in den meisten Waldgebieten Deutschlands nicht eigentlich mitbestimmend für den Betrieb, sondern nur von sekundärer Bedeutung. Besondere Bedeutung hat sie auf ärmerem Sandboden, wo sie namentlich zur Einfassung der Wege und Schneisen sehr am Platze ist.

11. Falsche Akazie: waldbaulich meist nur als Ausschlagsholz von Belang, an Böschungen zur Befestigung, doch auch auf herabgekommenen Böden als eigentlicher Bestand, z. B. in Mischung (horstweise) mit der zahmen Kastanie[242]) u. s. w. Das Holz wird als Grubenholz verwandt; auch als Stickstoffsammler ist die Akazie zu em-

242) Vergl. Kaysing, Der Kastanienniederwald S. 31 ff., ferner Eberts, „Der Akazienniederwald“ (Allg. F. u. J.Z. 1900 S. 75), m. s. auch Verhandlungen der 23. Versammlung des Elsass-Lothringischen Forstvereins.

pfehlen, daher für Zwischenbau zur Bodenverbesserung vorzüglich geeignet. Die Massen- und Gelderträge des Akazienniederwaldes sind sehr hoch (bis 12 fm für 1 Jahr und Hektar und Preise bis 25, selbst 30 Mark für 1 fm Nutzholz).

12. Zahme Kastanie[243]: in Deutschland nur hie und da als Hochwald; meist als Niederwald mit etwa 15jährigem Umtrieb. Empfindlich gegen Streunutzung. Sonst auf geeignetem Standort — (mildes Klima, der Rebe entsprechend, freier luftiger Stand, sonnig, nicht zu warm, östliche Lage der Vorberge; nördliche Hänge haben zu wenig Sonne, westliche und südliche sind zu trocken: Kalipflanze, bes. auf granitischen Böden, auch tonhaltigen Kalkböden u. a., tiefgründig und locker, nicht nass, kein Lettenboden) — bedeutender Zuwachs (bis 14, selbst 16 fm pro Jahr und ha). Einmalige Durchforstung im Alter des Bestandes von 7—10 Jahren.

13. Pappeln: meist im Hochwald, doch für die Betriebsart nicht entscheidend. Aspe ist infolge ihrer Verwendung zur Fabrikation der schwedischen Streichhölzer sehr gesucht und an manchen Orten gut bezahlt, so dass ihr Anbau vielfach am Platze befindlich erscheint.

14. Weiden: im Kopfholzbetrieb (Flussniederungen), sowie im Niederwald (Weidenheger), oft mit nur 1jährigem Umtrieb (feinste Flechtruten). Sorgfältige Bodenpflege, Sicherung gegen Unkraut. Wenn nach ca. 15—18 Jahren eine Anlage im Ertrag zurückgeht, so liegt dies weniger an Bodenerschöpfung, als an der in jeder Nutzung zu erblickenden andauernden Misshandlung (trotz rationellsten Schnittes) der Stöcke. Sehr hohe Reinerträge. Frische Böden durchschnittlich am besten, keineswegs nasse. Einzelne Weiden (z. B. Salix caspica) auch sehr gut auf trockenerem, wenn nur einigermassen mineralisch kräftigem Sand.

15. Schlaghölzer im Mittelwald: als solche mögen insbesondere für viele Auewaldungen Viburnum, Lonicera, Cornus, Prunus, Crataegus u. a. m. neben den bereits aufgeführten Mittelholzarten hier erwähnt sein, weil dieselben oft sehr gut verwertbare Kleinnutzhölzer liefern. Abtrieb derselben oft alle 5—8 Jahre. Besondere Pflege findet meist nicht statt.

II. Nadelhölzer.

Die wesentlichsten Tatsachen sind bereits in den früheren Abschnitten enthalten, weshalb man sich hier, mehr nur rekapitulierend, auf kurze Andeutungen beschränken kann.

§ 85. 1. Tanne. Dieselbe ist, wie alle Nadelhölzer, ein Baum des Hochwaldes. Höchstens im Mittelwald findet sie da und dort in ganz beschränktem Masse eine Stelle durch Pflanzung einzeln oder in Gruppen dem sonstigen Oberholze beigesellt. Im Hochwald wird sie im Femelbetrieb, Femelschlag- und Schirmschlagbetrieb und den Zwischenformen dieser Betriebe behandelt, während sie den Kahlschlag als Betriebsform wegen ihres Schattenbedürfnisses in der Jugend allgemein nicht zulässt. Wo Tannenkahlschläge gleichwohl geführt werden, sind dieselben Notbehelfe infolge von Betriebsstörungen, vorübergehende Massregeln, nicht aber Wirtschaftsprinzip. Wie schon früher hervorgehoben wurde (z. B. § 78, sowie 2. Abschn. 4. Kap., II, 1), führen gewisse Eigenartigkeiten der Tannenwirtschaft (reichliche Ansamung unter noch geschlossenem Kronendach, Zählebigkeit, Bildung von Vorwüchsen, Aushieb von Krebstannen etc.) naturgemäss zu ungleichartigen, mehr femelartigen Beständen im Gegensatz zum durchweg gleichmässig gestellten Schirmschlag. Die Umtriebszeit ist meist auf 100—120 Jahre festgesetzt. Haubarkeits-Durchschnittszuwachs auf mittlerem Standort 7—9 Festmeter; die durchschnittliche Höhe solcher Bestände beträgt in jenem Alter 25—30

243) Vergl. u. a. Kaysing a. a. O.

Meter; die Durchmesser sind, je nach der Art der Wirtschaftsführung, überaus wechselnd; immerhin werden besondere Starkhölzer, Stämme von 50 und mehr cm Mittenstärke, auch da, wo frühzeitig Lichtungszuwachs angestrebt wird, meist erst in längerer Zeit (mit 140—160 Jahren) produziert: die femelartigen Betriebsformen bieten die beste Gelegenheit, Stämme zu diesem Zweck länger im Bestande zu belassen; im regelmässigen Schirmschlag müsste man die Umtriebszeit entsprechend erhöhen oder zu einer ausgesprochenen Ueberhaltform übergehen. In welchem Umfange die Anzucht dieser hervorragend starken Hölzer rätlich erscheint, ist Sache lokaler Erwägung, unter dem Gesichtspunkt der Rentabilität, deren Bemessung sich auf den Holzmarkt, bezw. die Holzpreise stützt.

Die Tanne kommt in ausgedehnten reinen Beständen, sowie in verschiedenen, zum Teil hervorragend wertvollen Mischungen vor, worüber im 1. Abschn. III, B, 3 das Nötige bemerkt ist.

2. Fichte. Ebenfalls zunächst Hochwald-Holzart, jedoch im Oberholz des Mittelwaldes nicht ausgeschlossen. Von der Tanne hinsichtlich der für die Wahl der Betriebsart hauptsächlich in Frage kommenden Momente besonders durch das abweichende Verhalten in der Jugend unterschieden: raschere Entwickelung in den ersten Jahren, dabei grösseres Lichtbedürfnis und dementsprechend geringere Ausdauer im Schirmdruck, wesentlich geringere Gefährdung durch Frost und Hitze, wodurch die Möglichkeit des Anbaues auf der Kahlfläche bedingt ist (vergl. 2. Abschn. 4. Kap. II, 2). Dazu kommt noch die grössere Gefährdung durch Sturm und auch durch Schneebruch. Man findet die Fichte in allen Hochwaldbetriebsformen, von der extremen Kahlschlagwirtschaft bis zum eigentlichen Femelwald. Für den in früheren Abschnitten mehrfach berührten Kampf pro und contra Kahlschlag, bezw. Femelbetrieb, Femelschlag oder Schirmschlag bildet die Fichte das hauptsächlichste Objekt. Man muss einräumen, dass der Kahlschlagbetrieb an vielen Orten und in weitestem Umfange sehr gute Erfolge aufzuweisen hat, so dass man ihm gegenüber kaum behaupten kann, mit natürlicher Verjüngung würde man unter den gegebenen Verhältnissen noch weiter gekommen sein. Andererseits wäre es eine Uebertreibung, wollte man im Kahlschlag mit nachfolgender künstlicher Bestandesbegründung allgemein und ohne Einschränkung die beste Fichtenwirtschaft erblicken. Die Sicherung gegen Stürme lässt sich zwar durch eine sorgsame Hiebsführung im Kahlschlagbetrieb vielleicht am vollständigsten erreichen, aber die Belastung der Bestände durch den Kulturaufwand, welchen der Kahlschlag erfordert, ist, in Verbindung mit dem oft befürchteten nachteiligen Einfluss desselben auf den Boden, genügende Veranlassung, der natürlichen Verjüngung der Fichtenbestände für die geeigneten Verhältnisse ihr Recht zu wahren. Will man dieselbe anwenden, so sind Femelschlagbetrieb sowie Saumschlagführungen in erster Linie zu wählen, soweit es sich überhaupt noch um einen Wirtschaftswald handelt, während für die eigentliche Femelform die Fichte weit weniger passt als die Tanne. Gegen den Schirmschlagbetrieb spricht die Gefahr des Windbruchs und der Bodenverwilderung. In schutzbedürftigen Hochlagen ist der Kahlschlag oft ganz ausgeschlossen. Ueberhaupt hängt die Entscheidung zwischen den im allgemeinen möglichen Betriebsformen ganz wesentlich von der Oertlichkeit ab. Frische Böden sind meist der natürlichen Besamung günstig; hat man dazu hohe Umtriebe mit natürlicher Auslichtung der Bestände, so stellt sich Besamung leicht ein und hält sich auf frischem Boden bei wenig künstlicher Nachhilfe so gut, dass die natürliche Verjüngung ohne besondere Besamungsschläge gelingt. Die Nachteile, welche dem Kahlschlagbetrieb anhaften können, werden durch sofortigen Anbau mittelst Pflanzung unter Anwendung besten Pflanzmaterials auf ein Minimum reduziert. Umtriebszeit 80—120 Jahre, Ertragsverhältnisse ähnlich

wie bei der Tanne; doch sind schwächere Sortimente der Fichte weit besser verwertbar (Hopfenstangen, Papierholz, geringe Baustämme), weshalb auch niedrigere Umtriebszeiten örtlich noch sehr wohl zulässig sein können. Ueberdies beeinflusst dieser Umstand nicht selten den Durchforstungsbetrieb. Die Bedeutung der Fichte als Mischholzart ist früher erörtert.

3. Gemeine Kiefer. Auch bei dieser Holzart ist die Wahl der Betriebsart ziemlich gleichbedeutend mit der Art der Verjüngung (cfr. 2. Abschnitt, 4. Kap. II, 3). In der Konkurrenz zwischen Kahlschlag und Schirmschlag hat im grossen Ganzen der Kahlschlag gesiegt, doch wird Rückkehr zum Schirmschlag manchenorts angebahnt, nachdem die Erfolge des Kahlhiebs zum Teil zweifelhafte waren. Der eigentliche Femelbetrieb kommt nicht in Betracht. Umtriebszeit sehr wechselnd, von 50 und 60 bis zu 100 und 120 Jahren, vom Standort weniger beeinflusst, als vom Wirtschaftszweck, der Absatzgelegenheit u. s. w. Höhere Umtriebe sind auf geringen Böden wegen der frühzeitigen natürlichen Auslichtung nicht am Platze. Auf besseren Böden kann Ueberhaltbetrieb zur Erzeugung von Starkhölzern mit und ohne Unterbau in Betracht kommen. Doch ist die Gefahr des Windbruchs hierbei zu beachten. Mittlere Leistung des geschlossenen Hochwaldes 4—5 fm Durchschnittszuwachs im 80- bis 100jährigen Umtrieb; mittlere Höhe ca. 20—25 Meter.

4. Schwarzkiefer der gemeinen Kiefer analog im Hinblick auf die Betriebsform.

5. Weymouthskiefer sowie

6. Lärche und die übrigen Nadelhölzer bieten bezüglich der Betriebsarten keine Besonderheiten, welche sich nicht direkt aus dem über deren Verjüngung Gesagten ergäben.

Anhang.

Zur Pflege der Waldesschönheit[1]).

Von

Hermann Stoetzer.

§ 1. Einleitung. „Die Wälder sind der Länder höchste Zierde.“ Mit diesem Satze leitete Gottlob König im Jahr 1849 einen Abschnitt seiner gehaltvollen Schrift „Die Waldpflege“ ein, welchem er die Ueberschrift „Verschönerung der Waldungen“ gab.

Derselben Worte bediente sich Heinrich Burckhardt, als er 1854 sein berühmtes Werk „Säen und Pflanzen nach forstlicher Praxis“ herausgab und in demselben mittelst eines besonderen Abschnittes die „Waldverschönerung“ behandelte.

Beide Altmeister unseres Faches waren gleichmässig von der Ueberzeugung durchdrungen, dass in Anbetracht der hohen Bedeutung der Wälder als Zierde der Länder dieser Seite derselben bei ihrer Bewirtschaftung besondere Aufmerksamkeit zu widmen sei, beide behandelten die Waldverschönerung nebenher mit anderen Disziplinen unserer Wissenschaft: der eine mit der Waldpflege, der andere mit dem Waldbau.

Inzwischen ist eine grössere selbständige, höchst wertvolle Schrift über „Forstästhetik“ durch Heinrich von Salisch herausgegeben worden (1. Auflage 1885, 2. Auflage 1901); es erschien ferner eine kleine Broschüre von dem bekannten, inzwischen leider in den Ruhestand getretenen k. k. Sektionschef im Ackerbauministerium zu Wien, L. Dimitz „Ueber Naturschutz und Pflege des Waldschönen“, Wien 1903 als Heft I der Sammlung: „Grüne Zeit- und Streitfragen.“

Auch die forstliche Tagesliteratur hat sich mehrfach mit diesem Gebiete beschäftigt (u. a. Wilbrand: „Forstästhetik in Wissenschaft und Wirtschaft“, A. F.- u. J.-Ztg. 1893, März- und Aprilheft); nicht minder ist das vorliegende Thema in Forstvereinen behandelt worden (u. a. XIII. Versammlung des Forstvereins für das Grossherzogtum Hessen in Darmstadt 1901, Vortrag des Obfm. Heinemann über „Die Bewirtschaftung der Waldungen in Rücksicht auf landschaftliche Schönheit“).

Allgemein wird mit Recht die Forderung erhoben, dass der Forstmann bei Bewirtschaftung des Waldes der Pflege seiner Schönheit die gebührende Aufmerksamkeit widmen möge. So erschien die Aufnahme dieses kurzen Anhanges zum „Waldbau“ des verstorbenen Professors Dr. von Lorey in das Handbuch der Forstwissenschaft nicht unangemessen und es dürfte gerade an dieser Stelle die Behandlung der Pflege der

1) Die Aufnahme dieser Abhandlung in das Handbuch der Forstwissenschaft erfolgte auf spezielle Anregung des Inhabers der Verlagsbuchhandlung, Herrn Dr. phil. hon. c. Siebeck, eines warmen Freundes des Waldes und seiner Pfleger. H. St.

Waldesschönheit an ihrem Platze sein, da bei dieser Seite forstlichen Wirkens die waldbaulichen Massregeln ganz besonders in Betracht kommen, bei deren Durchführung das Schöne mit dem wirtschaftlich Zweckmässigen öfters ohne Schwierigkeiten und namhafte Opfer sich verbinden lässt.

1. Wesen der Waldesschönheit.

§ 2. a) Der Wald in seiner Wirkung auf die Schönheit der Gegend (ästhetische Bedeutung des Waldes). Dass die Wälder als wesentliche Zierde einer Landschaft erscheinen, liegt in der grösseren Mannigfaltigkeit des Bildes, welches eine Gegend darbietet, in welcher nicht nur der Anblick monotoner Acker-, Wiesen- oder Weide-, selbst Weinbergflächen dem Auge geboten wird, sondern eine Abwechselung durch das Hinzutreten von Waldbildern geschaffen ist. Hat man den Wald nicht ohne Grund den „Aristokraten der Landschaft“ genannt!

Freilich ist in dem Aussehen der Waldbilder ein grosser Unterschied, je nach den Holzarten, welche die Bestände bilden und nach den vorkommenden Betriebsarten; aber man kann allgemein sagen, dass selbst bei Vorhandensein eines nach forstlichen Begriffen wenig schönen Waldes eine Gegend doch noch erfreulicher erscheint, als es ohne denselben der Fall sein würde. Oefters ist bei vorhandenem geringem Boden die Bewaldung immer noch diejenige Form der Benutzung, welche am ersten eine Rente abwirft.

Abgesehen von den Gründen, welche auf dem Gebiet der Wohlfahrtswirkungen des Waldes liegen, wie z. B. die Rücksichten auf Abhaltung der Winde, auf Verhütung von Abschwemmungen und Ueberschwemmungen, ist die Walderhaltung und die Aufforstung öder Flächen schon im Interesse der Verschönerung einer Gegend wichtig. Dies gilt besonders für kahle Höhenzüge und Kuppen, deren oft recht monotonen Verlauf man durch eine wenigstens teilweise Bewaldung angenehm unterbrechen wird, wodurch sich das Bild der Landschaft wesentlich abwechselnder und freundlicher gestaltet.

Wo aber derartige Züge des Geländes bewaldet sind, soll der Forstmann nicht nur den Wald erhalten, sondern ihn auch so bewirtschaften, dass das Bild kahler Flächen grösseren Umfangs nicht in die Erscheinung tritt.

Ferner wäre darauf hinzuwirken, dass bei Separationen, die so oft zum Verschwinden kleiner Feldhölzer, sowie einzelner Bäume und Hecken führen, wodurch das Bild einer Flur sich bisweilen sehr eintönig gestaltet, Pläne geringeren Bodens an die Gemeinden zur Aufforstung ausgewiesen würden. Welcher Beitrag dadurch zur Schaffung von Nistplätzen für die nützlichen insektenfressenden Vögel — abgesehen von der Verschönerung der Landschaft — geliefert werden würde, bedarf keiner näheren Ausführung.

§ 3. b) Der Wald in seiner Wirkung auf das Gemüt des Menschen (ethische Bedeutung des Waldes). Die inneren Reize des Waldes, wenn wir uns denselben nicht als Schmuck der Landschaft, sondern als Ort der Erholung und des Wohlbefindens seiner Besucher denken, beruhen auf einer ganzen Reihe von Erscheinungen, über welche sich Rechenschaft abzulegen die meisten Waldfreunde keine Veranlassung haben. Auch hier sind die Verschiedenheiten in den Formen und den Farbentönen, sowie in den Lichteffekten, wie sie der Wald bietet, manchmal von besonders erfreulicher Wirkung. Mehr noch ist es die Stille und Ruhe, der erhabene Friede, den ein Wald von grösserer Ausdehnung doch wenigstens noch stellenweise — nicht überall — bietet, ferner die in den geschlossenen Beständen vorhandene Dämpfung der Beleuchtung, deren grelles Licht uns im Felde aufdringlich belästigt, die schöne Kühle im Sommer, der Schutz vor dem Wind, den wir in der rauhen Jahreszeit aufatmend empfinden, wenn wir aus dem Blachfeld, stark umweht von rauher Luft,

uns nach mühseligem Wandern in den Ueberwind des Waldes durchgekämpft haben, dazu das geheimnisvolle Rauschen der Wipfel, endlich das Gefühl geringerer Trockenheit der Luft: kurzum, eine ganze Reihe schöner Einwirkungen vereinigt sich, um in uns Empfindungen hervorzurufen, die beruhigend und sänftigend auf das Gemüt einwirken und welche wohl jedem gebildeten, mit etwas Gefühl begabten Menschen nicht fremd geblieben sind.

Dieser Zauber, welchen der Wald auf den Menschen ausübt, ist uralt und obenan steht in der Wertschätzung desselben in Hinsicht auf diese seine ethische Seite der Deutsche, der aus dem Getriebe der Welt und ihrer Geschäfte so gerne sich hinausflüchtet in die Stille und den Frieden des Waldes.

Zumal unsere Dichter haben dem Wald eine Verehrung dargebracht, welche sich in herrlichen Blüten der Poesie äussert, in denen das geheimnisvolle Weben und der mächtige Zauber des Waldes besungen sind. Ueberaus anmutend drückt J. V. von Scheffel jene beruhigende Einwirkung des Waldes auf das Gemüt aus, wenn er in einem, speziell den Zauber des Thüringer Waldgebietes verherrlichenden Liede singt:

„Denn das ist deutschen Waldes Kraft,
Dass er kein Siechtum leidet,
Und alles, was gebrechenhaft,
Aus Leib und Seele scheidet.

Wer einmal diesen Jungbrunn fand,
Der schöpft aus keinem andern;
Thüringer Wald, Thüringer Land,
Nur hier mag ich noch wandern.“

Auch die Sozialpolitiker haben sich von dem Standpunkt der Ethik aus mit der Waldfrage beschäftigt, u. a. Ernst Moritz Arndt, „Ein Wort zur Erhaltung der Forste und der Bauern“. „Dem deutschen Menschen — so sagt er u. a. — müssen nirgends Bäume fehlen, mit deren Zweigen er wie mit ebensovielen Armen seine Arme verflechten und mit welchen er sich also lustig zu seinen Sternen hinauf nach oben schwingen kann.“ Riehl drückt sich sehr schön aus, indem er u. a. sagt: „Brauchen wir das dürre Holz nicht mehr, dann wird dem Geschlecht das grüne, in Saft und Trieb stehende, zur Erwärmung seines inwendigen Menschen um so nötiger sein[2]).

Auch der berühmte Bildhauer Schadow, der die Reize der klassischen Gefilde von Rom und Hellas genau kannte, soll den Zauber des Waldes besonders gewürdigt und öfters gesagt haben, er kenne nichts Herrlicheres, als den deutschen Wald.

Und ist es nicht ein Ausfluss dieser Erkenntnis der ethischen Bedeutung des Waldes, wenn die eigenste Initiative Kaiser Wilhelms II. den Grunewald bei Berlin dem Volke als eine Art grossen Volkswaldes oder Naturparkes öffnen und ihn lediglich nach dem Gesichtspunkt einer solchen Bestimmung behandelt wissen will?

§ 4. c) Wirkung der einzelnen Holzarten. Grosse Unterschiede bestehen hinsichtlich der einzelnen Holzarten und Waldformen in ihrer Wirkung auf das Gemüt des Menschen, freilich etwas beeinflusst von der Individualität und von den Waldbildern, welche der einzelne in seiner Heimat zu sehen gewohnt ist.

Wenig erbaut ist zumeist der Bergbewohner, wenn er in der Ebene das Bild des Kiefernwaldes auf sich einwirken lässt, der ihm leicht triste und langweilig vor-

---

2) v. Salisch, Forstästhetik. 2. Aufl. S. 121.

kommt, namentlich wenn er ihn stundenlang auf Eisenbahnfahrten rechts und links zur Seite hat, wie es einem auf der Fahrt durch Nord- und Ostdeutschland begegnen kann. Aber auch der Kiefernwald bietet in seinem Innern mancherlei Reize, wenn wir Bestände alter malerischer Kiefern durchwandern, vielleicht gemischt mit einzelnen alten Laubhölzern, oder mit jüngerem Laubholz unterbaut, abwechselnd mit offenen Schonungen, unterbrochen durch grössere Wasser- oder Wiesenflächen, die dem Auge eine liebliche Abwechselung gewähren, besonders wenn ab und zu ein Durchblick auf den blauen Duft der Ferne geboten wird. So hat der Märkische Wald mancherlei Reize, die nur der Eingeweihte kennt und die beispielsweise Theodor Fontane, der ein Verehrer märkischer Landschaft war, mit Begeisterung geschildert hat („Wanderungen in der Mark Brandenburg").

Ganz besonders malerisch aber gestaltet sich das Bild alter, ehrwürdiger, einzeln oder in räumlicher Stellung stehender Kiefern mit breit abgewölbten Kronen und dunklem rotbraunem Schaft. Wenn unter ihnen noch die im Herbst so schön rot blühende Heide einen üppigen Teppich bildet, so kann man wohl glauben, was Fürst Pückler-Muskau, der Vielgereiste, ausgesprochen haben soll, nämlich dass er inmitten der schönsten tropischen Natur eine wahre Sehnsucht nach der Lausitzer Kiefernheide gehabt habe und der es für einen grossen Genuss erklärte, unter alten Kiefern in der Heide zu liegen und ins Blaue zu sehen.

Unter den Nadelhölzern erfreuen sich nun, vom Standpunkt der Waldesschönheit aus betrachtet, im allgemeinen eines grösseren Ansehens als Kiefern die schlanken hochragenden Fichten und Tannen, wohl auch mit deshalb, weil sie vorwiegend Bäume des Bergwaldes sind und hier die Reize der malerischen Geländeformen vielfach für die Schaffung eines schönen Eindruckes mitwirken.

Besonders erhebend ist die Wirkung alter Bestände oder einzelner Waldriesen, namentlich alter Tannen, wie sie sich im Schwarzwald, in den Vogesen, auch wohl im Thüringerwald finden, woselbst die stärkste Tanne die „Königstanne" am Wurzelberg bei Katzhütte ist, die etwas über 2 Meter Durchmesser in Brusthöhe und 44 Meter Höhe besitzt.

In den grossen zusammenhängenden Forsten der Gebirge finden wir Fichten- und Tannenbestände öfters in gewaltigem Waldzusammenhang, in welchem unstreitig diese Waldform etwas Ernstes, Feierliches besitzt, besonders weil sich — entgegengesetzt zu der sich frühzeitig lichtstellenden Kiefer — Fichten und Tannen auch in höherem Alter mehr geschlossen halten. Etwas Dunkles, Stilles, wehmütige Seiten des Gemütes Berührendes wohnt ihnen inne:

„Wildverwachsne dunkle Fichten
Leise klagt die Quelle dort,
Herz, das ist der rechte Ort
Für dein schmerzliches Verzichten."

So singt Nikolaus Lenau in einem seiner düsteren Lieder!

Und das köstliche Gedicht Goethes, welches die geheimnisvolle Einwirkung, die der Wald auf das Gemüt ausübt, so ergreifend zum Ausdruck bringt —

„Ueber allen Wipfeln ist Ruh'
In allen Gipfeln spürest Du
Keinen Hauch. Die Vöglein schweigen im Walde.
Warte nur, balde
Ruhest Du auch!"

— diese tiefe Empfindung des Dichters entstammt, wie wir wissen, dem Eindruck, den die grossartigen Fichten- und Tannenwaldungen, welche der Gickelhahn bei Ilmenau

beherrscht, auf ihn ausübten.

Von den sonstigen Nadelhölzern wäre noch die Lärche zu erwähnen, die bekanntlich im Winter ihre Nadeln verliert; ihr hellgrünes, frühzeitig erscheinendes neues Kleid wirkt sehr vorteilhaft und unterbricht angenehm die dunkle Farbe des sie umgebenden anderen Nadelholzes, oder des noch nicht belaubten Buchenwaldes, zu dessen empfehlenswertesten Nutzhölzern sie gehört.

Die hie und da in Deutschland noch vorkommenden Reste von Taxusbeständen sind hochinteressant als Zeugen längst entschwundenen reichlicheren Vorkommens dieser Holzart. Man wird sie zu erhalten und nach Möglichkeit zu regenerieren suchen. Auf die Exoten unter den Nadelhölzern soll nicht eingegangen werden. So gross das Interesse ist, welches den weiteren mit ihnen zu machenden Versuchen innewohnt, so ist doch vorerst kein Urteil darüber möglich, welche Wirkung sie auf die Waldesschönheit im grossen ausüben können.

Ein wesentlich freundlicheres Bild als der Nadelwald gewährt uns ganz entschieden im allgemeinen der Laubwald, dessen Grün ein helleres, frischeres und dessen Mannigfaltigkeit in den Vegetationserscheinungen ohne Zweifel eine grössere ist. Dazu kommt, dass der dichtere Schluss in den Kronen meist fehlt und dass eine grössere Abwechselung von Licht und Schatten sich uns darbietet, als im Nadelholz, besonders in Fichten und Tannen. Allerdings bezieht sich dies auf den grünen Laubwald des Sommers. Im Winter ist wiederum der beschneite Nadelwald ästhetisch entschieden wirksamer als der Laubwald!

Der Vorrang im Laubholz gebührt, was die Wirkung auf Waldesschönheit anlangt, unstreitig der Buche. In wirtschaftlicher Hinsicht steht allerdings der Buchenwald sehr zurück; aber kein Forstmann, der etwas vom deutschen Gemüt in sich hat — und dasselbe ist ja zum Glück bei den meisten derselben vorhanden —, wird deshalb über die Buche den Stab brechen! Weiss er doch auch, dass vom Standpunkt des Verstandes die bodenschützende und die Waldproduktion erhöhende Einwirkung der Buche als Folge des den Boden schirmenden Schlusses der Bestände und des, einen vorzüglichen Humus bildenden Laubabfalles hoch genug zu veranschlagen ist, um ihr den wohlberechtigten Platz im deutschen Walde zu sichern, dies um so mehr, als sie wenig von den Kalamitäten zu leiden hat, welche den Nadelwald so oft heimsuchen, als da sind Wind- und Schneebruch, schädliche Forstinsekten, ja selbst die in neuerer Zeit immer mehr in ihrer Schädlichkeit erkannten Pilze.

Etwas Hehres finden wir in der Form hochragenden älteren Buchenhochwaldes mit den schlanken, dabei mächtigen Säulen der Stämme und dem kuppelartig abgewölbten Blätterdach. Soll ja diese Waldform das Vorbild zu dem gotischen Styl der Kirchendome gewesen sein!

Der schöne Eindruck des Buchenwaldes beruht aber nicht nur auf den Formen desselben, sondern hauptsächlich mit auf der Färbung. Welch liebliches Kolorit bietet das junge Maiengrün des Buchenwaldes, schon von dem Moment an, in welchem sich einzelne grüne Siegesfahnen aus dem Braun des noch nicht belaubten Hauptteiles eines Buchenwaldes hervorheben. Steinbuchen nennt man wohl solche, den Vortrab bildende Einzelbäume!

Von dem hellen Frühlingsgrün bis zu dem unvergleichlichen Goldbraun und Rotbraun des Herbstes ist die Färbung des Buchenwaldes immer schön. Ein Blick von hervorragenden Höhen auf ein Meer von Buchenwald, welches sich zu unseren Füssen ausbreitet, wie wir solches in den verschiedensten Gebieten von Mittel- und Süddeutschland finden, gehört mit zu den schönsten Freuden an unserer Natur, die man sich denken kann. Nirgends lässt sich der Frühling angenehmer erwarten als im Buchen-

gebiet, nirgends ist auch wiederum der Herbst so reich an schönen Farbenbildern des Waldes als in diesem [3]).

Der Buche gegenüber steht nun die Eiche. Die ästhetische Wirkung der einzelnen, freistehenden Eiche ist vielleicht noch günstiger, als die der einzelnen Buche. Die alte Eiche mit den stark ausgeprägten knorrigen Aesten erscheint uns als ein Sinnbild der Kraft und Stärke, wogegen die Buche mehr etwas Zartes, Liebliches hat. Man könnte geradezu der Eiche den männlichen, der Buche den weiblichen Charakter beilegen.

Der Eichenwald ist im allgemeinen hinsichtlich seiner Wirkung auf das Gemüt dem Buchenwald entschieden nachzustellen. Besser ist der Eindruck schon, wenn er mit Buche durchstellt und die letztere unterständig ist, wobei sie mit ihrem hellen Grün Frische und Abwechselung in das Bild bringt. Auf besonders gutem Boden findet sich ein solches, den Boden deckendes Unterholz von allerhand Strauchholz von selbst ein.

Das Bestreben, die Eiche als Mischholz in den Buchenhochwald, zur Erhöhung seines Geldertrages, hineinzubringen, bezüglich hier zu erhalten, spielt heute im Forstbetrieb eine grosse Rolle. Auch vom Standpunkt der Waldesschönheit lässt sich nichts dagegen einwenden, zumal die wirtschaftliche Richtigkeit einer solchen Massregel selbst dem Laien leicht einleuchten wird.

Die Ahorne spielen in ähnlicher Weise eine Rolle im Gebiete des Buchenwaldes als Mischhölzer, daneben sind sie schöne Einzelbäume an Strassen und auf freien Plätzen

Recht günstig wirkt hier der Spitzahorn wegen seiner hellgelben, vor dem Ausbruch des Laubes erscheinenden Blüten, welche im Farbenbilde der Landschaft einen vorzüglichen Effekt hervorrufen.

Besonders ist noch der Birke zu gedenken, welche ästhetisch meist günstig wirkt und in manchen Fällen vom Standpunkt der Schönheitspflege aus Berücksichtigung verdient, auch wenn sie forstlich-wirtschaftlich nicht immer befriedigt. Ihr heller, silberweisser Stamm, ihre leichte luftige Belaubung im hellen Grün, die von dünnen, leicht beweglichen Aesten getragen wird, verleihen ihr einen eigenartigen Charakter. Auch im Winter wirkt sie günstig: man kann nichts Graziöseres an Baumschlag sehen, als eine vom Rauhreif überzuckerte oder mit Schnee beduftete Birke.

Sie ist die genügsamste unserer Holzarten, sowohl in ihren Anforderungen an Lage und Klima, als auch an den Boden. Sie passt vorzüglich auf dasjenige Gebiet, welches wegen vorhandener Bodenarmut der Buche und Eiche, sowie dem Ahorn und der Esche verschlossen ist. Insbesondere kommt sie für das Gebiet der Kiefer als Mischholz in Betracht, indem sie die Monotonie der reinen Kiefer vorteilhaft unterbricht. Sie eignet sich hier namentlich als Randeinfassung, sowie als Alleebaum an die Wege, wo sie noch dadurch günstig wirkt, dass sie infolge ihrer hellen Farbe in der Dunkelheit die Richtung erkennen hilft. Im Innern der Nadelholzbestände schadet sie infolge ihrer beweglichen, vom Wind viel hin und her gepeitschten Krone öfters den Nachbarstämmen in einem Masse, dass ihr Aushieb zur gebieterischen Notwendigkeit wird. Oefters leistet sie gute Dienste als erste Ansiedlerin an steilen Böschungen und kahlen Hängen.

Dass Eschen und Roterlen auf den feuchten Böden eine Rolle spielen, dass auf letzteren auch die baumartigen Weiden manchmal sehr vorteilhaft wirken, sei der Vollständigkeit halber nicht unerwähnt gelassen. Auch die so schön blühende Rosskastanie, deren Früchte als Wildfutter so wertvoll sind, verdient eine Empfehlung für

3) Als ein hervorragendes Gebiet malerisch wirkenden Buchenwaldes ist die Gegend von Eisenach und Wilhelmsthal zu nennen.

die Waldränder, sowie als Alleebaum.

Als eine, für die Verschönerung einer Gegend unter gewissen Umständen recht wichtige Holzart ist noch die Weisserle zu erwähnen, welche zur Aufforstung öder Kalkhänge die dankbarste Holzart ist, die man sich denken kann. Infolge ihres geringen Wasserbedürfnisses kommt sie auf sehr trockenem Standort noch leidlich fort; das Austreiben von Wurzelbrut kommt ihrer Erholung sehr zu statten. Stirbt der Stamm ab, so finden sich als Ersatz massenhafte Ausschläge ein. Dazu kommt der reichliche Blattabfall, sowie die Fähigkeit, Stickstoff aus der Atmosphäre aufzunehmen, kurzum die Weisserle leistet hier Hervorragendes und kann auch für nachträgliche Auspflanzung kümmernder Nadelholzkulturen auf solchen Gebieten nur dringend empfohlen werden[4]).

Von fremden Laubhölzern sind besonders die Roteichen zu erwähnen, welche wegen ihrer dunklen Färbung im Herbst einen vorzüglichen Effekt machen.

Neben ihnen wären in gleichem Sinne die amerikanischen Ahorne zu nennen.

Im übrigen empfehlen sich vorerst fortgesetzte Einbürgerungsversuche, ehe über die Wirkung auf Waldesschönheit gesprochen werden kann.

§ 5. d) Wirkung der verschiedenen Betriebsarten. Neben den Unterschieden in den Waldbildern, wie sie durch die Verschiedenheit der Holzarten veranlasst werden, ist nun noch derjenigen Einflüsse zu gedenken, welche die Verschiedenheit der Betriebsarten auf das Bild der Landschaft ausübt.

Unter ihnen kann man dem Hochwald, dieser kapitalintensiven Betriebsart, welche bekanntlich bei Nadelholz die einzig mögliche ist, gewiss etwas Aristokratisches nicht absprechen, wie er denn auch eine gewisse Wohlhabenheit des Besitzers voraussetzt, der in der Lage ist, auf den Eingang der Erträge warten zu können — um so länger, je höher die Umtriebe sind.

Ihm gegenüber kann man den Niederwald den Wald des kleinen Besitzers nennen, dessen Benutzung für diesen desto günstiger sich gestaltet, in je kürzeren Zwischenräumen dieselbe wiederkehrt.

Die landschaftliche Wirkung des Niederwaldes ist im allgemeinen, namentlich wenn er in grösserer Ausdehnung vorkommt, keine günstige. Er hat dann leicht etwas Eintöniges und der Mangel an älteren, höheren Bäumen wirkt entschieden unvorteilhaft. Das beste an ihm ist die Färbung, namentlich wenn er gemischt ist. Finden wir die Eiche darin vertreten, so wirkt dieselbe insofern günstig, als sie die lederfarbig braun gewordenen Blätter bis weit in den Winter hinein, öfters bis kurz vor dem Ausbruch des neuen Laubes, an ihren Zweigen behält.

Unschön wirken die, sich in kurzen Zwischenräumen wiederholenden Kahlschläge, welche sich von Jahr zu Jahr fortsetzen, wie man dies im ausgedehnten Niederwaldgebiet der Rhein-, Mosel-, Nahe- und Neckarlandschaften, sowie im Kreise Siegen findet.

Auch der mit dieser Waldform in Verbindung stehende Getreidebau auf den Abtriebsflächen, wie er in den Hackwaldungen des Odenwaldes und auf den Haubergen des Siegener Landes betrieben wird, trägt dazu bei, den ungünstigen Einfluss des Niederwaldbetriebes auf das landschaftliche Bild einer Gegend noch zu verstärken.

Werden gar noch, wie dies in einigen westdeutschen Gebieten, allerdings nur örtlich beschränkt, vorkommt, die Eichenstämmchen im Stehen geschält, so sieht man bisweilen die Baumleichen wochenlang in ihrer Nacktheit stehen, was auf den dieses Bildes ungewohnten Beschauer abstossend wirkt.

---

4) In ausgedehnter Weise ist die Weisserle zur Aufforstung kahler Kalkhänge in der Umgebung von Jena zur Verwendung gelangt.

Zum Glück wird durch die malerischen Bergformen mancher jener Gegenden, in denen der Niederwald in grösserer Ausdehnung vorkommt, dem an sich ungünstigen Bilde ein Gegengewicht geboten.

Ganz am Platze ist aber der Niederwald an felsigen steilen Hängen, an denen hohe Bäume mit der Wurzel nicht wohl in den Boden kommen können, wie z. B. an den Wänden des Bodetals im Harz oberhalb Thale. Hier wird auch der Anblick auf malerische Felsen durch den Niederwald am wenigsten beeinträchtigt. Ebenso wird man mit Vorteil solche Gebiete im Niederwaldbetrieb bewirtschaften, bei denen es sich darum handelt, eine Aussicht offen zu erhalten, ohne dass man gerade eine ganz holzleere Fläche haben will.

Der Mittelwald, welcher über dem an sich eintönigen Unterbestand die Kronen höherer Stämme in der verschiedensten Verteilung und mit sehr ungleichem Laubdach zeigt, wirkt landschaftlich äusserst günstig. Niemals wird der Boden ganz entblösst und selbst wenn Jahr für Jahr weiter geschlagen und Hauung an Hauung angeschlossen wird, haben wir doch keine auffallende und störende Veränderung des landschaftlichen Bildes, wie bei Niederwald.

Als ein Vorzug des Mittelwaldes in malerischer Hinsicht kann die in ihm meist vorhandene und unschwer noch mehr zu begünstigende Mischung der verschiedensten Holzarten bezeichnet werden.

Auf die Dauer haltbar ohne Rückgang der Bodengüte ist allerdings der Mittelwald nur auf gutem Standort; auf dem Gebiete trockenen Sandbodens haben sich die Mittelwaldbetriebe in grossem Umfang nicht erhalten lassen; sie wurden teils in Laubholzhochwald, teils aber auch, und zwar noch mehr, in Nadelholz umgewandelt. Dass dazu die wirtschaftliche, finanziell zumeist weniger günstige Seite des Mittelwaldes vielfach überhaupt auffordert, sei noch beiläufig bemerkt. Um so mehr ist zu betonen, dass hierzu vom forstästhetischen Standpunkt aus keine Veranlassung vorliegt, im Gegenteil die Erhaltung des Mittelwaldes unter den geeigneten Voraussetzungen empfohlen zu werden verdient.

Aehnlich wie Mittelwald wirkt in Hinsicht auf das landschaftliche Bild einer Gegend der Femel- oder Plenterwald, eine Abart des Hochwaldes, welche dadurch charakterisiert ist, dass die verschiedenen Altersstufen des Holzes nicht flächenweise von einander abgesondert sind, sondern in einzelnen Stämmen und Gruppen durcheinanderstehen. Herrliche Bilder solchen Plenterwaldes bietet das Buchengebiet auf Kalk, wo diese Holzart die besten Bedingungen ihres Gedeihens findet, so z. B. bei Eisenach in den Waldungen des sog. Hainigs, eines dem Thüringerwalde nördlich vorgelagerten Bergzuges. Jedoch auch die Weisstanne, weniger die Fichte, eignet sich für diesen Betrieb, der überhaupt nur für schattenertragende Holzarten passt und dann immer nur auf bestem Standort dauernd in befriedigendem Zustande zu erhalten ist, wogegen auf trockenerem Boden Stockungen im Wachstum der schwächeren Individuen, welche hier die Ueberschirmung nicht vertragen können, entstehen.

Noch eine andere Hochwaldart nimmt unser Interesse in forstästhetischer Hinsicht in Anspruch, die Femelschlagform, eine Betriebsart, welche grundsätzlich in einer und derselben Forstabteilung keinen gleichalterigen Bestand, sondern weitergehende Unterschiede im Alter der in grösseren Gruppen sich absondernden Bestockung anstrebt.

Auch bei diesem Betrieb, der besonders infolge der lebhaften Empfehlungen Gayers und des Oberforstdirektors von Huber in Bayern eine grosse Rolle spielt, ist die Mannigfaltigkeit in der Bestockung eine grosse, zumal hierbei der Bestandesmischung mit grossem Erfolg eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden kann. Es leuchtet

ein, dass dieser Betrieb in Hinsicht auf die Schönheitspflege des Waldes alle Beachtung verdient, wenngleich nicht zu verkennen ist, dass bei ihm ebenso wie bei dem Femelbetrieb die Gunst des Standortes nicht fehlen darf, wenn genügende Erfolge erzielt werden sollen.

2. Massregeln zur Pflege der Waldesschönheit.

§ 6. a) Allgemeine Vorbemerkungen. Man hat mit Recht gesagt, die Bewirtschaftung des Waldes nach Schönheitsrücksichten sei eine „Forstkunst". Bei allen Künsten ist die Erlernung des Könnens an eine gewisse Anlage, an ein Talent geknüpft. Der blosse Unterricht kann nicht den Zögling zum Künstler ausbilden, das Talent dazu muss in ihm liegen. So ist es vielleicht auch bei der Forstkunst. Mehr als allgemeine Andeutungen können bei einer abstrakten Behandlung derselben nicht wohl gegeben werden. Im einzelnen das Richtige zu finden ist Sache des individuellen Geschmacks. Dass der Beruf des Forstmannes es mit sich bringt, das Schönheitsmoment bei seinen wirtschaftlichen Massregeln zu beachten, entspricht einem höheren idealen Ziele. Ist doch aller Fortschritt in der menschlichen Kultur mit in der Pflege des Schönen und des Edlen begründet. Indem wir den Wald so behandeln, dass er allen Besuchern als der Dom Gottes erscheint, in welchem, wie der Dichter sagt, sein starker Odem lebendig ein- und ausweht, erwecken und stärken wir schöne Gefühle in allen empfänglichen Gemütern seiner Besucher und tragen so das unserige zur Volkserziehung mit bei. Diese ethische Seite der forstlichen Tätigkeit hat aber gewiss auch ihren materiellen Hintergrund, indem wir auf diese Weise die Sympathien des besseren Teiles der Bevölkerung erlangen und dem Walde Freunde aller Art schaffen, deren günstige Meinung ihm wieder zu gute kommt. Es mit unseren wirtschaftlichen Massregeln allen, oft recht kritischen Waldbesuchern recht zu machen, ist unmöglich; aber es muss unser Bestreben sein, die Behandlung des Waldes überall so zu gestalten, dass keine Vernachlässigung wichtiger ästhetischer Interessen uns mit Grund vorgeworfen werden kann.

Die öffentliche Meinung äussert sich in vielfachen Kundgebungen zu gunsten des Schutzes der landschaftlichen Natur, gleichzeitig auch der geschichtlichen Denkmäler Deutschlands[5]). Touristenvereine haben in allen Gegenden Deutschlands die Aufgabe, den Wald und dessen Schönheiten zu erschliessen, mit auf ihre Fahne geschrieben.

Die merkwürdigen Bäume und Bestände sucht man zu erhalten, indem man vor allem auf sie aufmerksam macht und sie in Merkbüchern verzeichnet. Den Anfang machte das „Forstbotanische Merkbuch" für die Provinz Westpreussen, Berlin 1900, herausgegeben von dem verdienten Professor Dr. Conwentz in Danzig. Für die anderen Provinzen der preussischen Monarchie werden Merkbücher folgen. Dass sie von der Regierung begünstigt werden, folgt aus einer Bemerkung der Titelseite: „Herausgegeben auf Veranlassung des Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten".

Auch für Thüringen befindet sich ein solches Buch in der Vorbereitung.

Dass der Staat die Erhaltung der geschichtlichen Denkmäler sicher stellt, ist Nichts neues. Der Grossherzoglich Hessischen Regierung war es vorbehalten, durch Einfügung der „Naturdenkmäler" in das Gesetz vom 1. Oktober 1902 „Den Denkmalschutz betreffend" auch die Erhaltung von „Bäumen und dergleichen", deren Schutz aus geschichtlichen oder naturgeschichtlichen Rücksichten oder im Hinblick auf landschaftliche Schönheit oder Eigenart im öffentlichen Interesse liegt (Naturdenkmäler),

5) S. u. a. Der Schutz der landschaftlichen Natur und die geschichtlichen Denkmäler Deutschlands von Ernst Rudorff. Berlin 1892, Verlag des Allgemeinen Deutschen Vereins.

einem besonderen gesetzlichen Schutz zu unterstellen, der sich selbst auf das Verbot von Aufschriften, Reklameschildern und dergleichen erstrecken kann[6]).

Diese Einwirkung des Staates kann man nur als eine wohlberechtigte anerkennen, welche in den allgemeinen Begriff des Staatszweckes einschlägt (Förderung aller materiellen und ideellen Interessen der Gesamtheit, die über die Sphäre und Macht des einzelnen hinausgeht) und um so weniger zu Bedenken Anlass gibt, als eine Entschädigung der Betroffenen vorgesehen ist. Mögen weitere Staatsregierungen dem gegebenen Beispiel recht bald nachfolgen!

In Elsass-Lothringen hat das Ministerium, Abteilung für Finanzen, Gewerbe und Domänen an die äusseren Forstbehörden eine Verfügung bezüglich der Förderung der Forstästhetik in den der Staatsforstverwaltung unterstellten Waldungen des Landes erlassen. Die im Interesse der Waldverschönerung auszuführenden Arbeiten sollen nach dieser Bestimmung sich in zwei Richtungen bewegen und zwar einerseits zur Erhaltung und zur Erschliessung der vorhandenen Bau- und Naturdenkmäler dienen, andererseits neue Reize schaffen.

Man könnte noch als eine Aufgabe des Staates die Behandlung der Ziele und Massregeln der Waldschönheitspflege auf den staatlichen forstlichen Lehranstalten durch Einrichtung besonderer Vorlesungen und Erteilung entsprechender Lehraufträge bezeichnen und hat dies auch mehrfach getan (z. B. von Salisch und Wilbrand.)

Der Verfasser kann von sich anführen, dass er schon Ende der 70er Jahre als Professor der Forstwissenschaft an der Universität Giessen diesen Gegenstand an passender Stelle der „Forstverwaltungslehre“ akademisch behandelt hat, wie er dies auch seit 13 Jahren an der Forstlehranstalt Eisenach in gleicher Weise tut. Ohne Zweifel werden auch anderwärts an den forstlichen Bildungsstätten die in Betracht kommenden Regeln und Lehren von den Dozenten geeigneten Ortes vorgetragen werden. Ein besonderes Kolleg über Forstästhetik ein ganzes Semester lang zu lesen würde vielleicht weder nach dem Geschmack des Dozenten, noch der Studierenden sein. Mehr als allgemeine Grundlinien dürfte man nicht geben. Die spezielle Behandlung aller der kleinen Rücksichten, wie z. B. in Hinsicht auf die Stilformen der Waldhäuschen, Brücken, Geländer, Wegweiser etc. lässt keine grossen Gesichtspunkte zur Erörterung gelangen, wie sie ein akademischer Vortrag braucht. Die Hauptsachen können in wenigen Stunden behandelt werden, im übrigen kommt es auf Vorführung schöner Bilder im Walde als Beispiele zur Nachahmung an, sowie auf die Lektüre, besonders des klassischen Werkes des Herrn von Salisch, was jeder gebildete junge Forstmann auch ohne Anleitung eines Lehrers versteht und gerne lesen wird.

§ 7. b) Forsteinrichtung und Forsteinteilung. Die Forsteinrichtung eines Waldes bildet die Grundlage für seinen Betrieb, indem sie die Anordnungen trifft, nach welchen künftig gewirtschaftet werden soll, insbesondere die Art der Hauungen und das Mass der Abnutzung bestimmt, welch letztere sich, vor allem wesentlich mit beeinflusst durch die Höhe der Umtriebszeit, in der Regel innerhalb der Grenzen der Nachhaltigkeit bewegen soll. Mit der Forsteinrichtung in Verbindung steht die Einteilung eines Waldes behufs Schaffung bleibender Wirtschaftsfiguren (Ortsabteilungen). Die Grenzen dieser Abteilungen werden durch entsprechende Aufhiebe kenntlich gemacht. Daneben treten im modernen Wald noch bei Bildung der sogenannten Hiebszüge gewisse Trennungslinien mehr und mehr in die Erscheinung.

Die Erörterung der so wichtigen Umtriebsfrage ist ebenfalls Sache der

---

6) S. Wilbrand, „Schutz der Naturdenkmäler“, Allg. Forst- und Jagdzeitung 1903. S. 164 ff.

Forsteinrichtung. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Erziehung alter Hölzer auch einer Förderung der Waldesschönheit dient. Es würde jedoch zu weit gegangen sein, wollte man nun allgemein sagen, dass zu diesem Zweck recht hohe Umtriebe gewählt werden müssten. Die Umtriebszeit ist für den wirtschaftlichen Betrieb eines Waldes von so grosser Bedeutung, dass bei deren Festsetzung in erster Linie die ökonomischen Rücksichten entscheiden müssen. Es sei nicht unbemerkt gelassen, dass beim Grosswaldbesitz die Erziehung marktgängiger, auch in grossen Massen gut absetzbarer Hölzer notwendig ist und dass schon mit Rücksicht darauf die Annahme ganz niedriger, schönheitswidrig wirkender Umtriebe nicht im Sinne und Geist vernünftiger Erwägungen liegen kann.

Unterschieden von der generellen Umtriebszeit des Waldes ist die Abtriebszeit der konkreten Bestände. Hier können forstästhetische Gesichtspunkte zur Geltung gelangen. Insbesondere wird man in Forstabteilungen, welche sich in der Nähe der Orte und Wohnsitze, sowie hervorragender Bauwerke, ferner an besuchten Promenaden, oder als Bekleidung sehenswerter Naturbildungen (wie z. B. Schluchten) finden, die Bestände höhere Abtriebsalter erlangen lassen, als die normale Umtriebszeit besagt. Hier rechtfertigt sich das längere Stehenlassen im Hinblick auf den imponderablen „Schönheitszuwachs“, welcher dem abnehmenden Massen- und Qualitätszuwachs die Wage halten mag. Wird doch von der forstlichen Statik, welche man gerne der Forstästhetik als feindliche Schwester gegenüberstellt, ausdrücklich betont, wie auch die Rücksichten auf die ethische und ästhetische Seite des Waldes mit für die Annahme niedriger „waldfreundlicher Zinsfüsse“ bei den forstlichen Rechnungen bestimmend sind, in welcher Hinsicht der Verfasser auf seine eigene Schrift über Waldwertrechnung und Statik, 3. Aufl. 1903, § 17, Bezug zu nehmen sich gestattet.

Solche Altholzbestände, namentlich in Verbindung mit anstossendem Freiland (Wiesen), eignen sich auch zur Abhaltung von Festen durch Vereine aller Art, nicht minder zu Kinderspielplätzen; selbst zur Veranstaltung von Waldgottesdienst, wie bei Paulsborn im Grunewald und bei Sassnitz auf Rügen, sind sie nicht ungeeignet.

In Hinsicht auf die Schönheitspflege des Waldes, soweit sie durch die Forsteinrichtung mit bestimmt und bedingt wird, kommt alles auf den Geist des Forsteinrichters an. Die Methode der Einrichtung ist nichts als äussere Form, die auf dem Papier, nicht im Wald zur Geltung gelangt.

Was die grundlegende Einteilung des Waldes durch Netze von mehr oder weniger geraden Linien anlangt, so ist es bekannt, welche Vorzüge hierbei einer möglichsten Bevorzugung der geraden Linie in Hinsicht auf ihre Benutzung für geometrische Arbeiten innewohnen. Die regelmässige geradlinige Einteilung hat in den Forsten der Ebene auch kein Bedenken, insofern hier die lange gerade Schneise nichts weniger als unnatürlich wirkt.

Unschön finden wir sie besonders dann, wenn sie in das Bergland übertragen wird und hier derartige Linien über Berg und Tal hinweg in naturwidrig schnurgeradem Verlauf sich weithin erstrecken; besonders ungünstig wirken sie in diesem Falle, wenn sie als Wege ausgebaut sind, auf denen alsdann Steigen und Fallen in unschönem Verlauf abwechseln und durch das entstehende „verlorene Gefälle“ verkehrshindernd wirken.

Hier ist die dem Gelände sich anschmiegende Linie offenbar vorzuziehen, was ja auch durch die Verbindung des Wegenetzes mit der forstlichen Einteilung schon seit über einem Menschenalter mehr und mehr betätigt wird. Dass im Berglande gerade Linien, welche in der Richtung des stärksten Gefälles laufen, noch ergänzend hinzutreten, kann den ästhetischen Eindruck des Ganzen kaum stören!

Die Perspektive, welche die gerade Schneise gewährt, wirkt bisweilen recht anmutend, namentlich wenn sich in der Ferne etwas zeigen lässt, wie z. B. ein hervorragender Baum, ein Bauwerk oder eine Wasserfläche.

Im übrigen sind die Forsten der Ebene von langer Zeit her mit der regelmässigen Iageneinteilung versehen, die man nicht über Bord werfen kann, selbst wenn man vom Standpunkt der Waldesschönheit aus sie verwerfen sollte. Hier hilft nur die möglichste Verschönerung der Ränder; langes Stehenlassen von Streifen Altholz, dessen Bild durch Unterbau — und wäre es nur Strauchholz, wie z. B. Weisserle, die auch mit trockenem Boden vorlieb nimmt — lebhafter zu gestalten ist, unter geeigneten Voraussetzungen Anpflanzung eines Laubholzrandes im Nadelholz (z. B. der Birke auf geringem Boden, die sehr vorteilhaft wirkt), Begrünung der Schneisenfläche auf besserem Boden, Anbringung einer schönen Baumgruppe von seltenen Holzarten auf den Kreuzungen der Gestelle, an denen sich auch öfters mit guter Wirkung ein Ruheplatz mit Bänken herstellen lässt, — alles dies sind einfache Massregeln, mittelst deren sich manches erreichen lässt. Selbst die Anpflanzung von Topinamburgruppen, nach gehöriger Bodendüngung, gleichzeitig zur Beschaffung von Wildäsung auf geeigneten Blössen könnte man hierher rechnen. Nicht minder würde Anbau der Lupine günstig wirken.

Was die Zerlegung des Waldes in einzelne Hiebszüge anlangt, so spielt dieselbe im Nadelholz eine grosse Rolle und es gilt als Regel, diese Hiebszüge möglichst zu vervielfältigen. Wirtschaftlich ist dieses Streben auch gewiss insofern gerechtfertigt, als mittelst der erlangten Mehrzahl von Anhieben leichter als sonst jeder einzelne Bestand in dem Zeitpunkt seiner wirtschaftlichen Reife vom Hiebe getroffen werden kann. Hat man ja diese Bildung vieler Hiebszüge geradezu als einen Ausfluss des Reinertragsprinzips, speziell als eine Sächsische Erfindung hingestellt, was jedoch nicht zutrifft, obschon nicht zu leugnen ist, dass gerade in Sachsen dieses System besonders ausgebildet ist. Gerade hier hat sich jedoch auch schon die Kehrseite der Medaille gezeigt, nämlich die Häufung des Windbruchs bei Stürmen von der konträren Seite, d. h. entgegengesetzt der als herrschend angenommenen Richtung. Es ist dies überzeugend von Oberförster Augst in Olbernhau in einem lesenswerten Aufsatz der Allg. Forst- u. Jagdzeitung (1900 S. 8 ff.) nachgewiesen worden und es gereichte dem Verfasser zur besonderen Genugtuung, auf diesen Missstand schon vorher in seiner Schrift „Die Forsteinrichtung“ 1898 S. 254 hingewiesen zu haben.

So wenig nun damit über eine vernünftige und nicht forcierte Zerlegung des Waldes in eine Mehrzahl von Hiebszügen der Stab gebrochen werden soll, so sei doch vom Standpunkt der Waldschönheitspflege darauf hingewiesen, dass da, wo man die Zerreissung vermeiden will, in der Einführung femelschlagartiger Wirtschaftsform ein Mittel gegeben ist, überständige Bestandesteile, an welche der Hiebsfolge gemäss der Schlag an sich noch nicht kommt, im voraus, d. h. vor dem Gros der Abteilungsbestockung, zu verjüngen. Auch dieses Mittel findet sich in der bereits angeführten Forsteinrichtung des Verfassers (S. 257) erwähnt.

§ 8. c) Wahl der Holz- und Betriebsarten. Sehr häufig sind die auf einem gegebenen Standort zulässigen und gebotenen Holzarten so fest bestimmt, dass dem Forstmann dabei eine erhebliche Einwirkung nicht zufällt. Dass in Deutschland die Nadelhölzer weitaus das grösste Gebiet im Besitz haben (etwa $^2/_3$ der gesamten Waldfläche) ist bekannt. Vielfach haben sie ehemalige Laubholzflächen erobert, da wo die Bestockung derselben herabgekommen war und nur noch ein kümmerliches Dasein fristete, wogegen das Nadelholz, genügsamer in seinen Anforderungen an den Boden, noch mit Erfolg erzogen werden konnte.

Hätte man vom Standpunkt der Waldschönheitspflege aus anders handeln sollen?

Gewiss nicht! Ein gutes, gedeihliches, frisches Wachstum ist durchaus nötig, wenn ein Holzbestand ein schönes Bild gewähren soll. Und die Nadelhölzer machen doch an Stelle des ehemaligen rückgängigen Laubwaldes zumeist diesen Eindruck des freudigen Gedeihens. Wirken sie zudem, wie dies vielfach geschieht, durch grosse Ausdehnung in einer gewissen Massigkeit, so wird sich vom Standpunkt der Aesthetik um so weniger etwas gegen sie einwenden lassen.

Wo Laubhölzer genügend gedeihen, wird man sie zu erhalten suchen. Insbesondere gilt dies gegenüber der Buche, deren günstige Seiten in § 4 hervorgehoben wurden.

Im übrigen ist Holzartenmischung, nach dem alten Satz: variatio delectat, am Platze. Aber auch hier ist die Voraussetzung der Eignung des Standortes nicht ausser acht zu lassen. Vielfach hat man Mischbestände begründet, welche den an sie zu stellenden Anforderungen weder in wirtschaftlicher noch in ästhetischer Hinsicht genügen. Dazu ist namentlich der Versuch einer koulissenförmigen Erziehung von Buchen in Nadelholzjungwüchsen zu rechnen, welche viel Verschwendung an Kulturmitteln mit wenig Erfolgen hervorgerufen hat. Dagegen macht die Einmischung des Nadelholzes in die Buchenbestände, welche wirtschaftlich so wichtig ist, auch für den Freund der Waldesschönheit einen guten Eindruck. Die Mischung der Kiefer mit unterständigen Buchen, welche alle Blössen so schön begrünen, mit Fichten, welche auch für die Wildhege eine gewisse Bedeutung haben, mit Birken, insbesondere an den Bestandesrändern, wo sie weniger schaden und in ihrem Effekt besser hervortreten, wäre hier zu erwähnen.

Die Einmischung von Kiefern in die Fichtenbestände wirkt hingegen öfters recht ungünstig, da sie vielfach sperrigen Wuchs der, in ihrer Jugendentwickelung vorauseilenden Kiefer erzeugt, welcher weder wirtschaftlich noch ästhetisch befriedigt.

Ueber die Wahl der Betriebsarten ist, nachdem ihre Wirkung in § 5 besprochen worden ist, wenig mehr zu sagen. Die Statistik belehrt uns, wie minimal Mittel- und Niederwald im Verhältnis zur Gesamtwaldfläche in Deutschland, nämlich nur mit je etwa 6 Prozent auftreten, so dass schon jetzt dem Hochwald der Löwenanteil in der Zusammensetzung des deutschen Waldes zufällt. Dieses Verhältnis wird sich nach dem natürlichen Verlauf der Dinge in der Zukunft noch mehr zu gunsten des Hochwaldes verschieben, besonders was das weitere Verschwinden des unrentablen Niederwaldes anlangt, dessen Rente namentlich im Schälwald mehr und mehr zurückgeht.

Im Mittelwald ist zwar die Rentabilität ebenfalls im allgemeinen nicht hervorragend, aber gewiss noch der Aufbesserung fähig; wo er also ästhetisch günstig wirkt, wie z. B. längs beliebter Strassen und Wege, zur Erhaltung des landschaftlichen Bildes an weithin sichtbaren Kuppen und Abhängen, in der Nähe von Ortschaften und Wohnsitzen, sollte man ihn auf geeignetem Standort, der sein ferneres Gedeihen erwarten lässt, beibehalten. Als Vermittler des Uebergangs von einem Park in den Wald wird er besonders in Betracht zu ziehen sein.

Eine besondere Bedeutung hat der Femel- oder Plenterwald, welcher — ähnlich dem Mittelwald — den Vorzug besitzt, dass bei seinem Betrieb das Bild der Gegend möglichst wenig verändert wird. Dass seine gedeihliche Erhaltung an eine ausreichende Gunst des Standortes geknüpft ist, wurde bereits früher erwähnt. Wenn man ihn an Orten hat, deren forstliche Behandlung den Schönheitsrücksichten besonders Rechnung tragen soll, so behalte man ihn bei. Vielfach lässt sich der Mittelwald auf die denkbar einfachste Weise in ihn überführen, indem man nur mit den Unterholzhieben aufzuhören und den Unterbestand in regelmässigem Turnus zu durchhauen braucht, wobei die Regeneration auf genügend grossen oberholzfreien Flächenteilen Hand in Hand zu gehen hat mit dem Auszug abständiger und sonst ungeeigneter Stämme und mit dem Durch-

hieb der Mittelholzklassen.

Auch der Femelwald findet seinen Platz längs der Spazierwege, in der Umgebung von Schlössern und sonstigen Wohnplätzen. Bei Eisenach findet man ihn als Betriebsform in der sog. Landgrafenschlucht und an anderen Orten.

Es bedarf für seine Behandlung keiner besonderen Massregeln der Forsteinrichtung, insbesondere nicht bei der formellen Darstellung der zu treffenden Bestimmungen im Forsteinrichtungswerk. Ein geschickter Forsteinrichter bringt dieselben im Rahmen des gewöhnlichen Wirtschaftsplanes für den Hochwald und ohne Ausscheidung einer besonderen Betriebsklasse leicht unter. Die Führung des Betriebs ist von den subjektiven Ansichten des Wirtschafters bei dieser Betriebsart abhängiger als bei den meisten anderen Waldformen. Er gestattet darin die grösste Freiheit, insbesondere hinsichtlich der mehr oder weniger dunklen Haltung der Bestände.

Ein solcher Femelbetrieb muss auch die Wirtschaft der Waldgruppen im Park sein, bei welchen sehr oft der grosse Fehler gemacht wird, dass man nichts schlägt als das abständige Holz, so dass öfters ein Ueberalter in Verbindung mit Massenabgängigkeit eintritt, welchem durch die in regelmässigem Turnus wiederkehrenden Femelhauungen, verbunden mit der nötigen Regeneration, am besten vorzubeugen ist. Im übrigen unterscheidet sich die Parkwirtschaft von dem Forstbetrieb dadurch, dass grössere Geländeabschnitte als Rasenflächen, auf denen einzelne Gruppen und schöne Solitärbäume zerstreut sein können, mit den eigentlichen Femelwaldpartien abwechseln, wobei im Park noch die Anlage und Pflege der Blumen, als Schmuck der Landschaft hinzukommt. Für derartige Anlagen ist im Wirtschaftswald kein Raum.

§ 9. d) Betrieb der Verjüngungshauungen. Ohne Zweifel ist der Waldesschönheit diejenige Art der Verjüngungshauungen am günstigsten, bei welcher am wenigsten ein gewaltsames Eingreifen in die Harmonie der Landschaftsbilder notwendig wird. Nach diesem Gesichtspunkt wird die Wahl der Betriebsarten zu erfolgen haben; durch dieselbe wird die Art der Verjüngung und der dazu erforderlichen Hiebsführungen im Grossen bereits bestimmt. Einer besonderen Besprechung bedarf hiernach eigentlich nur die Art der Hauungen zur Verjüngung des Hochwaldes. Wir haben hier als Extreme den Kahlschlagbetrieb und das Femelschlagverfahren, welches bei Betrachtung der Betriebsarten bereits besprochen wurde. Zwischen beiden steht der Schirmschlagbetrieb, welcher die gleichmässige Durchführung der natürlichen Verjüngung zum Ziele hat.

Die Wahl des einen oder des anderen Verfahrens ist wesentlich mit durch die Standorts- und Bestockungsverhältnisse bedingt; in letzterer Hinsicht ist die Frage des Schattenerträgnisses der vorhandenen Holzarten von ausschlaggebender Bedeutung. Im grossen Forstbetrieb kommen als ausgesprochene Schattenholzarten nur Tanne und Buche in Betracht. Bei ihnen wird langsamer Betrieb der Verjüngung mit der Absicht einer horstweisen Heranbildung von jüngeren Bestandesteilen verschiedenen Alters zu wählen sein. Was die Fichte anlangt, so kommt natürliche Verjüngung für dieselbe im grossen im Hinblick auf die wirtschaftlichen Schattenseiten, die mit ihr verbunden sind, weniger in Betracht als früher. Hohe Umtriebe im Verein mit gutem, empfänglichem Boden lassen sie noch am ersten zu und es stellt sich ausreichende Ansamung in den lichten Altbeständen hier von selbst ein. Eine wesentliche Förderung kann sie in solchem Falle durch Einlegung lichtender Durchhiebe, welche über das den Durchforstungen zufallende Mass der Bestandeslockerung hinausgehen, erhalten.

Bei der Kiefer ist die natürliche Verjüngung ebenfalls nur in untergeordnetem Mass zulässig. Auch bei ihr empfehlen sich die erwähnten Durchhiebe, die vielfach mit Einbau von Schattenholzarten zweckmässig zu verbinden sind.

Im übrigen verlangt der Wirtschaftswald für diese beiden Holzarten in der Regel den Kahlschlagbetrieb, bei dem es nur darauf ankommt, durch geeignete Massnahmen seiner, der Waldesschönheit sicherlich bisweilen nicht zuträglichen Wirkung möglichst zu begegnen.

Hierzu gehört vor allem die Forderung, dass die Schläge nicht in einer, noch dazu etwa grösseren Jahresfläche fortgesetzt aneinander gereiht werden, wodurch eine unschöne Monotonie hervorgerufen wird.

An sich ist der Kahlschlag mitunter von recht guter Wirkung, indem durch ihn bisweilen überraschende Ausblicke geschaffen werden.

Ein gutes Beispiel der günstigen Wirkung des am rechten Orte ausgeführten Kahlabtriebes bietet ein im Ettersburger Forst bei Weimar geführter Schlag. Hier war gegenüber dem Grossherzoglichen Schlosse eine grosse Bergwand gleichmässig mit gleichalterigem Buchenwald bestanden. Der berühmte Fürst Pückler-Muskau, dessen hervorragendes Geschick in der Landschaftsgärtnerei bekannt ist, war dem Grossherzog gegenüber der Meinung, das Bild sei zu monoton; hier müsse ein tüchtiger Schlag eingelegt werden. Dies geschah auch und noch heute heisst diese Partie der Pücklerschlag; der Boden hat sich schön berast und die Wirkung auf das Landschaftsbild war entschieden eine durchaus günstige. Von demselben Fürsten Pückler wird erzählt, wie er gegenüber seiner Wohnung einen langgestreckten eintönigen Kiefernbestand mit gleichmässiger Kontur und Farbe vor Augen gehabt habe, der ihm höchst ermüdend erschienen sei. Sofort habe er ein ganz anderes und wesentlich günstigeres Bild erhalten, als er mehrere Hundert Klafter Holz herausschlagen liess und dadurch verschiedene, das Landschaftsbild mannigfaltiger gestaltende Lücken, sowie eine kunstgerechte Nüancierung der Farben vom nahen dunklen Wald bis zur helleren Farbe des entfernteren schuf[7]).

Einen viel bewunderten Effekt erzielte man bei Eisenach an der sogenannten Weinstrasse oberhalb der Aschburg, als man eine verwachsene Aussicht, die sich durch Köpfen der Bäume nicht mehr genügend frei halten liess, durch einen entsprechenden Kahlhieb, dessen Fläche verrasen soll, für die Dauer öffnete.

„Ich dichte mit der Axt“, sagte Petzold, der bekannte Muskauer Landschaftsgärtner, der Schöpfer vieler herrlicher Parkanlagen, als er durch einen kräftigen Durchhieb eine höchst anmutige Fernsicht erschlossen hatte und ihm eine Dame deshalb das Kompliment machte: „Sie sind gewiss ein Dichter!“

Abgesehen von dem Ruhenlassen des Kahlschlages bis nach wieder erfolgter Kultur, was durch eine gewisse Vervielfältigung der Anhiebe erleichtert wird, ist es wichtig, längs begangener Wege immer erst einen Streifen älteren Holzes stehen zu lassen, bis die hinter demselben angelegte Kultur etwas emporgewachsen ist. Zeigt man mittelst derselben dem Publikum das Bild einer wohl gelungenen, freudig emporwachsenden, hoffnungsvollen Verjüngung, so wird jeder Einsichtige mit dem Kahlschlagssystem ausgesöhnt sein!

Die sogenannten Schutzschläge, bestehend in der Belassung vorübergehenden Ueberhaltes über den auszuführenden Nadelholzkulturen, haben vielfach grosse Misserfolge gezeitigt; es ist dies namentlich auf den geringeren Standorten der Fall, auf denen der Entzug atmosphärischer Niederschläge und der Mangel an Lichtgenuss höchst nachteilig zu wirken pflegt. Günstig kann ein solcher Schirm bei Umwandlung von Laubholz in Nadelholz wirken, in welchem Falle eine Zurückhaltung der Stockausschläge von Vorteil ist.

---

7) v. Salisch, Forstästhetik. 2. Aufl. S. 156.

Eine besondere Betrachtung erheischt noch die Frage des dauernden Ueberhaltes, insbesondere älterer Stämme, zum Zwecke ihres Fortwachsens in dem begründeten Jungbestand. Im Nadelholz wird derartiger Ueberhalt — abgesehen von frei erwachsenen, fest bewurzelten Tannen und Kiefern — leicht vom Wind geworfen. Laubholzbäume ertragen den Freistand gegenüber dieser Gefahr besser; aber vielfach findet man, dass sie gipfeldürr und eingängig, daher mit der Zeit unschön werden, so dass ihre nachträgliche Entfernung doch noch erforderlich wird.

Ab und zu einige schön bekronte malerische Laubholzbäume an viel begangenen Wegen stehen zu lassen, verdient aber gewiss empfohlen zu werden. Nicht zu billigen ist hingegen ein solcher, wirtschaftlich fast stets ungünstiger Ueberhalt in abgelegenen Gebieten, überhaupt im Inneren der Bestände, wo er nur mit Schwierigkeiten wieder zu entfernen ist. Hier wird er von den Waldbesuchern kaum beachtet und kann auf den Fachmann nur ungünstig einwirken, so dass die Wirtschaft leicht eine abfällige Beurteilung erfährt.

Alte Baumriesen hingegen, die uns aus der Vorzeit überkommen sind, sollen wir hegen und sie erhalten, solange es angängig ist; besonders ist ihre Umfassung mit einer Bank, nötigenfalls unter Zugänglichmachung durch einen Pfad, zweckmässig. Auch empfiehlt sich wohl eine Namensgebung unter Anbringung einer Namenstafel, oder eines sinnigen Spruches.

Sehr schön und beherzigenswert sagt über solche Bäume Burckhardt in seinem Werke „Säen und Pflanzen“: „Dem alten Eremiten aber, dem Zeugen mächtiger Naturkraft, an dem Jahrhunderte und ganze Generationen mit ihrer Geschichte vorübergingen, der vielleicht unter Millionen Bäumen seinen besonderen Namen führt und, weithin bekannt, schon manchen Sohn des Waldes unter seinem Dache sah, — ihm gönne seine Stätte, bis der Sturm ihn bricht oder sein letztes Blatt verblichen ist. Dann setze ihm einen jungen Stamm zum Andenken und zum Namenserben, — ein Merkzeichen des Ortes im weiten Walde!“

§ 10. e) Zwischenhauungen. Die Wichtigkeit der Bestandespflege mittelst der Ausläuterungen und Durchforstungen ist so allgemein anerkannt, dass ihre Durchführung als ein hervorragender Punkt im Programm der modernen Forstwirtschaft bezeichnet werden muss. Ein Konflikt zwischen Verstand und Gemüt ist bei Betätigung dieser waldpfleglichen Massregeln kaum zu befürchten. Die Ausläuterungen stehen insofern auch mit im Dienst der Waldästhetik, als durch sie die Bestandesmischung, welche meist waldverschönernd wirkt, besonders gepflegt werden soll.

Was die Durchforstungen anlangt, so dienen auch sie mit zur Pflege der Mischhölzer; im übrigen ist heute kein Zweifel darüber, dass bei ihrer Ausführung eine Erhaltung des bodenschützenden Unterbestandes keineswegs mehr ausser acht gelassen werden darf, wie solches früher bisweilen in einer, die Waldesschönheit beeinträchtigenden Weise geschah, indem man alles unterdrückte Bestandesmaterial beseitigte und dadurch die Bestände ganz durchsichtig gestaltete, was ästhetisch entschieden ungünstig wirkte. Die „Durchforstung im Herrschenden“ (Hochdurchforstung), welche die Pflege hervorragender Stämme durch Beseitigung der sie beengenden Nachbarn bezweckt, fördert die Entwickelung der besonders gut veranlagten Individuen des Bestandes und gestaltet dadurch das Bild des letzteren besonders erfreulich, um so mehr, als durch den Lichteinfall, welcher die Lockerung des Kronenschlusses bewirkt, dem lebensfähigen Unterstand eine Förderung in seinen Daseinsbedingungen zu teil wird. Diese Art der Durchforstung im forstästhetischen Interesse besonders gepflegt und empfohlen zu haben, ist ein Verdienst des Herrn von Salisch auf Postel. Unter dem Namen Posteler Durchforstung hat sie sich das Bürgerrecht im Deutschen Walde erworben.

Auch der Aushieb vorgewachsener sperriger Protzen zu gunsten entwickelungsfähiger, aber seither beherrschter Stämme geringeren Kalibers ist im ungleichmässig erwachsenen Bestand, wie ihn beispielsweise fortgewachsener Mittelwald bietet, nichts weniger als die Waldesschönheit beeinträchtigend. Die Zweckmässigkeit der Massregel söhnt auch den einsichtigen Laien mit dem Fällen einzelner Baumriesen aus. Auch wird dadurch oft die Verjüngung günstig eingeleitet und so die Mannigfaltigkeit des Bildes erhöht.

Die Erhaltung des schön geschlossenen Waldmantels mit der tief herabgehenden Beastung seiner einzelnen Glieder entspricht ebenso einer Forderung des wirtschaftlichen Bedürfnisses zur Abhaltung des Windes und zur Verhinderung der Bodenaustrocknung, als einer Rücksicht auf die Erhaltung landschaftlicher Schönheit.

§ 11. f) Kulturen. Im heutigen Wirtschaftswald spielt der Kulturbetrieb eine grosse Rolle, besonders im Nadelholz. Die Saat als Bestandesbegründungsmethode ist gegenüber der Pflanzung mehr und mehr zurückgetreten. Wichtig ist für die Ausführung der letzteren vor allem die Erziehung besten Pflanzmaterials, welches der gut gehaltene ständige Forstgarten, dessen Bodenkraft durch angemessene Düngung erhalten wird, am sichersten liefert. — Solche Gärten, mit vielversprechenden Pflänzlingen der verschiedenen Holzarten in der erforderlichen Altersabstufung besetzt, mit reinlich gehaltenen Wegen, einer soliden, der umgebenden Natur angepassten Einfriedigung, dazu mit einer passenden, im Naturstil errichteten, vielleicht mit wildem Wein umrankten Hütte zur Unterbringung der Kulturgeräte und zur Unterkunft der Arbeiter während der Arbeitspausen, gewähren meist im Walde einen wohltuenden Eindruck der wirtschaftlichen Ordnung und wirken daher ästhetisch günstig. Ihre gute Instandhaltung lässt ohne weiteres auf einen sorgsamen, umsichtigen Revierverwalter schliessen.

Die mit gutem Pflanzenmaterial ausgeführte Pflanzung bietet die sicherste Gewähr für rasches Anwachsen und gute Entwickelung. Eine solche frohwüchsige Kultur bietet das Bild der kraftstrotzenden Jugend, sie wirkt auf die Beschauer immer angenehm. Nicht im mindesten störend wirkt hierbei auf den eigentlichen Schlägen die Bevorzugung der geraden Reihen, des Bildes strammer Ordnung, welche einen erfreulichen Eindruck machen. Dass an Berghängen die Pflanzreihen in der Richtung des stärksten Gefälles angelegt sind, ist ästhetisch am vorteilhaftesten; unschön wirkt es, wenn sie schief gegen die Horizontalen verlaufen.

Auch im älteren Bestand wirkt die Reihenstellung der Bäume nur günstig. Der Beschauer weiss ja, dass er im Wirtschaftswald und nicht im Park sich befindet. Bei Eisenach befindet sich eine Strahlenpflanzung von jetzt etwa 80jährigen Fichten, angelegt von Oberforstrat König, bei welcher die Pflanzreihen radienartig von einem Zentrum aus verlaufen. Noch jeder Besucher des dortigen Forstgebietes, dem der Verfasser dieselbe zu zeigen Gelegenheit hatte, war angenehm überrascht von dem schönen Bilde der Symmetrie und der ansprechenden Abwechselung mit dem Naturwalde.

Anders ist es vielleicht bei der Bepflanzung von Blössen und öden Stellen, an denen wohl eine unregelmässige Stellung sowie eine Ausführung mit ungleich hohem Material besser wirkt, als die gerade Linie und gleichmässiges Pflanzmaterial.

Was die Belassung von Ueberhaltschirm über den Kulturen, von schmalen Altholzstreifen längs derselben an den Wegen zur Verschleierung der Abtriebsflächen anlangt, so ist das Erforderliche schon in dem, von dem Betrieb der Verjüngungshauungen handelnden Abschnitt mitgeteilt. Nicht minder ist in Hinsicht auf die Wahl der anzubauenden Holzarten das Nötige schon erwähnt worden.

Ueber die auf freien Flächen im Walde vorzunehmenden Anpflanzungen wird im folgenden Abschnitt noch einiges gesagt werden.

§ 12. g) Behandlung des forstlichen Nebengrundes. Kommen im Walde grössere oder kleinere Flächen von Wiesen, Hutflächen, Ackerländereien, sowie Gewässern vor, so erfordert deren Behandlung die besondere Sorgfalt des Forstmannes, die hier unter dem Gesichtspunkt der Schönheitspflege kurz besprochen werden soll.

Ackerflächen wirken meist monoton und ungünstig, besonders zur Zeit nach der Aberntung, die vielfach ein Bild der Unordnung hinterlässt, wie dies beispielsweise der abgeerntete Kartoffel- oder Rübenacker zeigt. Auch die Düngung und Bestellung bringt öfters wenig schöne Bilder. Als Wildfelder haben sie aber in dem, mit Rotwild besetzten Jagdrevier ihre wohlberechtigte Stelle und sind hier für den Forstmann besonders wertvoll, da sie mit dazu dienen, dem Wild ausreichende Aesung zu gewähren und dadurch die Beschädigung der Holzwüchse einschränken zu helfen. Wo dieses Motiv nicht vorliegt und sie auch nicht als Dienstland der Beamten nötig sind, sollte ihre Umwandlung in Wald als Regel in das Auge gefasst werden.

Anders ist die ästhetische Wirkung der Wiesen, welche meist zur Erhöhung der landschaftlichen Reize einer Gegend beitragen, namentlich in Form von Wiesgründen, die vielleicht von einem hellen, munter rieselnden Wasserlauf durchströmt sind. Es lässt sich allerdings nicht leugnen, dass solche offene Talzüge manchmal recht unliebsam den Wind in das Innere des Waldes hineinleiten und dadurch zu Bruchbeschädigungen Anlass geben. Dagegen hilft nur die sorgfältige Erhaltung der Waldmäntel!

Im übrigen ist oberste Bedingung des günstigen Eindruckes einer Wiesenfläche das Vorhandensein einer guten, gleichmässigen Grasnarbe. Dies wird in erster Linie durch gute Planierung, unter Beseitigung aller Hügel und Buckel, mit Ausfüllung vorhandener Vertiefungen, unter Ansaat der hergestellten, gleichmässig abgedachten Flächen mit guter Grassamenmischung, bewirkt. In zweiter Linie kommt Bewässerung in Betracht, zu welchem Zweck der Aufstau eines vorhandenen Wasserlaufs zur Berieselung der glatten Rasenfläche mittelst des anzulegenden Netzes von Bewässerungsgräben nötig ist. Endlich ist tüchtige Düngung, insbesondere mit kalk- und phosphorhaltigen künstlichen Düngemitteln, unter denen besonders Thomasschlacke in Betracht kommt, nötig. Etwa vorhandene Moosschichten sind mit der Rollegge vorher zu beseitigen.

Auf diese Weise wird bald eine üppige Gras- und Kleevegetation emporspriessen, durch welche sowohl das landschaftliche Bild sehr gewinnt, als auch der Ertrag namhaft gesteigert wird. Welcher Beitrag hierdurch auch für die Wildäsung zu gewinnen ist, bedarf keiner näheren Ausführung!

Die Ränder solcher Wiesflächen sehen unschön aus, wenn sie auf längeren Strecken schnurgerade verlaufen. Schön geschwungene Bogenlinien mit Ein- und Ausrundungen verdienen vor der geraden Linie den Vorzug.

Sorgfältige Erhaltung vorhandener Waldmäntel ist ebenfalls wichtig. Die Mannigfaltigkeit in den Holzarten lässt sich im Wald, dessen Bestockung meist schon gegeben ist, nicht so leicht herstellen, als im Park. Die zur Abrundung der Grenzen öfters zweckmässig noch vorzunehmenden Anpflanzungen gewähren hierzu geeignete Gelegenheit.

Bei grösserer Ausdehnung von Wiesenflächen ist eine Unterbrechung des Bildes durch Holzanpflanzung geboten. Es ist hier gruppenweiser Anbau am Platze. An den Wasserläufen pflanzt man ab und zu eine Gruppe von Roterlen oder kanadischen Pappeln, auch wohl an einem grösseren Wasserspiegel baumartige Weiden (Salix alba und fragilis). Auch die Silberpappel findet hier ihre Stelle als Einzelbaum. Auf weniger feuchtem Boden werden Eichen, Kastanien, auch Buchen ihre Stelle finden. Nament-

lich ist hier Roteiche, sowie Blutbuche am Platze.

Den Blick mittelst einer vollständigen Durchquerung des Wiesenverlaufs durch einen Holzstreifen hemmen zu wollen — eine Operation, die man „das Stopfen" einer Aussicht nennt —, ist nicht zu empfehlen, es genügt das abwechselnd koulissenartige Vorschieben genügend grosser Gruppen, in denen femel- oder mittelwaldartiger Betrieb am Platze ist, mittelst dessen abständig werdende Bäume unauffällig beseitigt werden können. Zu diesen sind namentlich die Pappelarten zu zählen, die sich durch rasches Wachstum in der Jugend empfehlen, woneben aber mit Rücksicht auf den zeitigen Eintritt des Absterbens von Gipfeln und Seitenästen auf Ersatz durch Anpflanzung anderer Holzarten gesehen werden muss.

Bei freistehenden Bäumen auf Rasenflächen ist die obstbaumartige Behandlung der zu pflanzenden Heister durch Rückschneiden des Gipfeltriebes mitunter kein Fehler, so sehr diese Operation für den Waldbaum als Misshandlung bezeichnet werden muss. Sie führt zu breit ausgeladenen Kronen, die recht malerisch wirken. Beispiele dazu findet man im Marienthal bei Eisenach an einer langen Reihe solcher einen Promenadenweg einsäumenden Buchen.

Hutflächen bepflanzt man mit Heistern in weitläufiger Stellung. Sehr geeignet ist die Eiche bei vorhandener genügender Bodenfrische. Auf trockenem Boden kommt das Nadelholz und unter ihm namentlich die Lärche in Betracht, die sich hier in dem ihr besonders zusagenden Einzelstande meist gut entwickelt. Sonstige Nadelhölzer sind zweckmässig in ungezwungenen kleinen oder grösseren Gruppen anzupflanzen.

Die Waldgewässer können als Bäche, Teiche, selbst Seen vertreten sein. Was die Bäche anlangt, so ist die Instandhaltung der Ufer durch Beseitigung von Abbrüchen, sowie durch Uferbefestigungen wichtig. Versandungen sind immer rechtzeitig zu heben und durch Regulierung des Gefälles, unter Umständen mit Vertiefung des Bettes zu verhindern. Recht wichtig ist die stellenweise Stauung eines Baches, behufs Gewinnung grösserer Wasserflächen und zur Herstellung eines Reservoirs für die wasserarme Zeit des Sommers. Auch die Schaffung künstlicher Wasserfälle kann hier zur Belebung des Bildes in Betracht kommen.

Bei Teichen und Seen handelt es sich hauptsächlich um die Freihaltung der Ufer von unschön erscheinenden Gewächsen, welche den Wasserspiegel bisweilen einengen. Dazu kommt noch einige Anpflanzung von Erlen, Pappeln, Weiden und sonstigen Sträuchern und Bäumen zur Umsäumung, in welcher Hinsicht allgemeine Regeln kaum gegeben werden können.

§ 13. h) Die Wege im Walde. Bei aller Waldverschönerung bleibt einer der wichtigsten Punkte die Zugänglichmachung desselben durch gute Wege. Mögen einzelne Schwärmer den ganz unzugänglichen, wilden Wald als das Ideal und dessen Entdeckung auf eigene Faust, frei von dem Gängelband der planierten Promenadenwege, als das schönste Ziel preisen: die Mehrzahl der Naturfreunde will den Wald auf gangbaren Wegen besuchen und ist dem Forstmann für eine Erschliessung des Waldes dankbar, selbst wenn darin nichts Hervorragendes an Künsten der Waldästhetik, sondern nur der unverfälschte Wirtschaftswald geboten wird, der fast stets auch seine Schönheitsmomente bietet.

Der Forstmann wird wohl daran tun, dem einmal vorhandenen Bedürfnis des waldschwärmerischen Publikums nicht ablehnend entgegenzutreten, sondern das Seinige dazu beizutragen, um den Besuch in geordnete Bahnen zu lenken. Nach den Erfahrungen des Verfassers ist es zweckmässiger, den bezüglichen Bestrebungen der Touristenvereine entgegenzukommen, als ihnen feindlich gegenüberzustehen. Die Wert-

schätzung der Forstwirtschaft und ihrer Tätigkeit kommt einer Verwaltung bisweilen ungeahnt (wie z. B. bei Waldbränden) wieder zu gute. Auch zeigt die Erfahrung, dass, wenn es an gangbaren Wegen gebricht, das Publikum leicht planlos im ganzen Walde, denselben beunruhigend, umherstreift, wogegen bei Vorhandensein geordneter Wegeanlagen eine weit grössere Ruhe herrscht und die grössten Touristenströme ohne Unordnung durch ein Gebiet hindurch gewissermassen von selbst geführt werden. Hier gilt in der Tat das wahre Wort des schon mehrfach genannten Fürsten Pückler-Muskau: „Wege sind stumme Führer".

Wenn sie also im Dienste der Waldschönheitspflege stehen sollen, so müssen sie auch so angelegt sein, dass sie an schönen Partien, die etwas Interessantes bieten, vorbeigeführt werden und dieselben den Waldbesuchern erschliessen. Bisweilen muss ein kleiner Nebenweg auf einen bestimmten Punkt noch extra abgezweigt werden.

Ein wichtiger Punkt bei Anlage solcher Wege ist die Vermeidung ungeschickter und den Wanderer ermüdender Steigungen im Berglande. Ein Steigungsverhältnis von mehr als 12% soll ein bequemer Fussweg nicht, oder doch wenigstens nur vorübergehend bei besonderen erschwerenden Umständen aufweisen. Ferner muss selbst der billigst zu erbauende Weg mit Sorgfalt, unter Benützung eines Nivellierinstrumentes, nicht nur nach dem oft so trügerischen Augenmass, abgesteckt sein, so dass eine gleichmässige Verteilung des Gefälles herauskommt. Letztere soll die Regel bilden; alles verlorene Gefälle ist zu vermeiden, Ruhestrecken mit Gefälleermässigung sind nur dann am Platze, wenn sie nicht mit ungewöhnlicher Steigerung des Gefälles an anderen Stellen erkauft werden müssen und wenn es sich darum handelt, längs eines besonders schönen Landschaftsbildes den Wanderer länger verweilen zu lassen.

Die schönen Biegungen, welche im Gebirge sehr oft an den Wegeanlagen erfreuen, indem sie die Mannigfaltigkeit der Aussichten hervorrufen, ergeben sich meist von selbst aus der Form des Geländes. Man kommt aus einer Einbiegung ohne weiteres wieder an einen Rücken mit der entgegengesetzten Ausbiegung und erhält sofort ein anderes Bild.

Man hat diesen Wechsel der Aussichten auf den in der Nähe von Eisenach befindlichen Waldwegen besonders angenehm empfunden und daraus gefolgert, man könne hier lernen, wie die Wege mit Rücksicht auf die Vorbeiführung an schönen Aussichten anzulegen seien.

Dieses Kompliment müssen die Eisenacher Wegebauer, zu denen sich auch der Verfasser rechnet, bescheiden ablehnen. Hier in dem überaus wechselnden Gelände mit den tief eingeschnittenen Schluchten und Mulden sowie den korrespondierenden heraustretenden Rücken und Köpfen macht sich die Gewinnung von Aussichten verschiedener Art ganz von selbst, woraus hervorgeht, dass an der Schönheit der Wegezüge auch die Mannigfaltigkeit und der Wechsel der Bergformen, der wieder durch die Natur des Grundgesteines bedingt ist, einen grossen Anteil hat.

Am einfachsten ist bei Gewinnung einer Höhenpartie die Wegeführung so zu legen, dass man in einer Richtung bleibt und manchmal schraubenförmig um einen Bergkopf oder Bergkegel herum die Linie aufsucht. Anders ist es, wenn die gegebene Höhe mit einer solchen einfachen Linie nur bei Ueberschreitung des höchstzulässigen Gefälles erreicht werden kann. In diesem Falle bleibt nur die Anlage von Widergängen (Serpentinen) übrig — ein Fall, welcher bei naheliegenden Eigentumsgrenzen öfters vorkommt, oder auch in schluchtenartigem Gelände, welches ebenfalls nur eine schmale Basis für den anzulegenden Weg darbietet.

In solchen Fällen hilft man sich wohl auch so, dass man dem Weg eine unerlaubte Steigung gibt, oder bei Fusswegen durch Herstellung von Treppen die Er-

klimmung der Höhe ermöglicht. Beides sollte tunlichst vermieden werden, besonders aber das erstere. Hier sind Serpentinen das beste Auskunftsmittel. Sie sind auch bei geschickter Anlage nichts weniger als das ästhetische Gefühl verletzend, sondern in dieser Voraussetzung oft ganz elegant und schon wegen ihrer Vorteilhaftigkeit durchaus nicht etwa hässlich wirkend. Beispiele sind bei Eisenach mehrfach zu finden. Hauptsache ist nur, dass man nicht in die Widergänge ein starkes Gefälle bringt, wie man dies manchmal sieht, anstatt gerade umgekehrt dasselbe zu ermässigen und weiter, dass die unschönen Geländeeinschnitte und Dämme möglichst bald mit Rasen oder Strauchwuchs (z. B. Hollunder) oder durch Anpflanzung von dicht wachsenden Holzarten (Fichte) gedeckt werden.

Die angelegten Wege geben nun Veranlassung, ab und zu an besonders interessanten Punkten, schönen Ausblicken in die Ferne, oder auf sehenswerte Waldbilder, eine einfache Holzbank zu errichten. Ihr Vorhandensein ladet den Wanderer von selbst zum Halten und zur Betrachtung dessen ein, was dem Auge hier geboten wird.

In der Nähe solcher Wege muss auf Ordnung und Sauberkeit besonders gesehen werden. Die weggeworfenen Frühstückspapiere lasse die Forstverwaltung immer wieder sammeln und verbrennen. Alle Verbote gegen diese Unsitte des Wegwerfens helfen nichts!

In der Nähe von Wegen befindliche Quellen soll man fassen; passend angelegte Naturwegweiser, am besten grosse Steinblöcke mit eingemeiselten Inschriften, sollen an den Kreuzungspunkten den Weg zeigen. Die an die Bäume angenagelten, anstatt an Säulen befestigten hölzernen Wegweiser sind nichts weniger als schön, wenn auch immer noch schöner als die Farbenklexe der Touristenvereine.

Die Wasserläufe mit Naturbrücken aus Holz zu überschreiten, birgt die Gefahr der kurzen Dauer derselben in sich; ebenso ist die Anlage von Geländern aus natürlich gekrümmten Aststücken recht stilvoll, aber wegen der geringen Haltbarkeit nicht zu empfehlen. Steinerne Brücken mit Mauereinfassung statt der Geländer sind dauerhaft und bei entsprechender Auswahl, sowie Behandlung des Materiales leicht der Umgebung anzupassen.

Dass die Unterhaltung der Wege eine sorgfältige und ständige sein muss, bedarf kaum der besonderen Erwähnung, nur auf die gute Erhaltung der Fussbänke an den Waldfahrwegen, insbesondere an die von Zeit zu Zeit vorzunehmende Erhöhung derselben, welche mit dem Aufbringen der Steindecke auf der Fahrbahn Hand in Hand gehen müsste, aber so oft vernachlässigt wird, sei zum Schluss noch aufmerksam gemacht.

§ 14. i) Sonstige Massnahmen. Vor allem sei hier der öfters im Wald vorkommenden Bauwerke von Häusern, Denkmälern, Ruinen gedacht, deren gute Erhaltung und sinnige Schmückung ihrer Umgebung durch Anlagen, wie sie dem Charakter des Waldes entsprechen, nicht ohne Bedeutung ist.

Für kleine Hausbauten im Wald (Jagdhütten, Unterkunftshäuschen) ist der Blockhausbau besonders angemessen. Einen Fachwerkbau sollte man wenigstens immer mit Holzschindeln oder grauen Zementziegeln bekleiden und decken.

Einen wesentlichen Reiz gewähren öfters im Wald Durchblicke auf entfernte hervorragende Bauwerke, z. B. Schlösser, Kirchen. Derartige, bisweilen durch Abtrieb weniger Stämme zu gewinnende, unter Umständen jedoch nur mittelst Offenhaltung genügend langer Schneisen zu erlangende Bilder wirken meist überraschend günstig, sofern der zu zeigende Punkt mit seiner Umgebung malerisch genug ist. Bei Eisenach finden sich mehrere derartige Durchblicke auf die altberühmte stolze Wartburg; besonders überraschend ist derjenige von der Hohensonne.

Das Tierleben im Walde gehört mit zur ästhetisch vollkommenen Ausgestaltung desselben. Im schönen Wald verlangt man auch Vogelgesang und freut sich ganz besonders, ab und zu ein jagdbares Tier über den Weg huschen, oder gar auf einer Lichtung vertraut äsen zu sehen.

Was die Hegung der Vögel anlangt, so bietet schon die Erhaltung alter Bäume den Höhlenbrütern manchen Schlupfwinkel, ebenso schafft man durch die Schonung des Unterwuchses vielfach Gelegenheit zur Herberge für die Nestbrüter. Aber die Anbringung besonderer Nistkästen für die erstere Kategorie sollte man daneben nicht vernachlässigen. Eine sorgfältige Vertilgung des kleinen Raubzeuges, namentlich mittelst Aufstellung von Kastenfallen an geeigneten Orten, müsste zu Hilfe kommen. Selbst das, oft fälschlich für harmlos gehaltene Eichhörnchen verdient als Nesträuber keine Schonung.

Was endlich die Wildhege anlangt, so werden manche, der Schönheitspflege des Waldes dienende Massregeln, insbesondere die gute Behandlung der Waldwiesen, die Erhaltung des den Boden schirmenden Unterbestandes, die Pflege und Anzucht fruchttragender Bäume, wozu besonders die Kastanie zu rechnen ist, auch ihre günstige Wirkung auf den Wildstand nicht verfehlen. Dass ein übermässiger Hochwildstand bei der vorhandenen Untugend des Schälens der Stangenhölzer auch Bilder in den Beständen hervorrufen kann, die nicht nur vom wirtschaftlichen, sondern auch vom ästhetischen Standpunkt aus nicht mehr schön zu finden sind, ist jedem Wirtschafter in Hochwildrevieren bekannt. Aber doch wäre es, auch vom waldästhetischen Standpunkt aus, zu beklagen, wenn der edle Hirsch deshalb dem Wald fehlen sollte. Hier die Vermittelung zu suchen, kann nicht mehr Gegenstand unserer Betrachtungen sein.

Sachregister zum I. Band.

Die Zahlen bezeichnen die Seiten. Wird ein Gegenstand auch in einem der andern Bände behandelt, so ist in Klammer auf die betr. Stelle verwiesen.

